

# L'ELETTRTECNICA

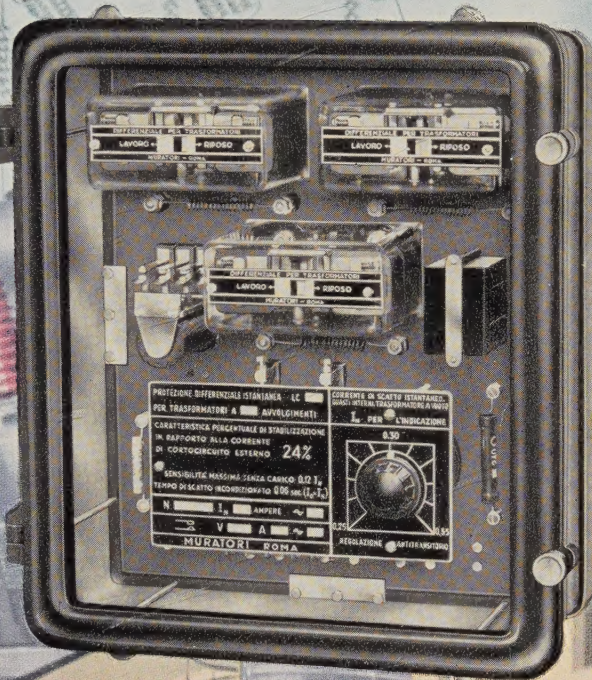
AEI

GIORNALE ED ATTI DELL'ASSOCIAZIONE ELETTRTECNICA ITALIANA  
SOTTO GLI AUSPICI DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

N. 6 DEL 10 GIUGNO • 1960 • VOL. XLVII DELLA RIVISTA

6

## PROTEZIONI DIFFERENZIALI A SCATTO ISTANTANEO



- PROTEZIONI DIFFERENZIALI A SCATTO ISTANTANEO PER TRASFORMATORI A 2 - 3, O PIU AVVOLGIMENTI.
- Tempo di scatto, 0,06 secondi, con  $I_{\Delta} = I_N$
- Caratteristica di stabilizzazione, regolabile da 20 50%.
- Staticità assoluta nei transitori d'inserzione.

# MURATORI ROMA

VIA LATTANZIO 51 - TEL. 351014-386148-311744







# **INTERRUTTORI PNEUMATICI**

## **PER LE RETI ITALIANE A 220 000 V**



Uno dei cinque gruppi tripolari di interruttori pneumatici per la tensione di 220 000 V, con potere di interruzione di 5000 MVA, funzionanti nella stazione all'aperto della centrale idroelettrica in caverna di Grosio dell'A.E.M., Milano.

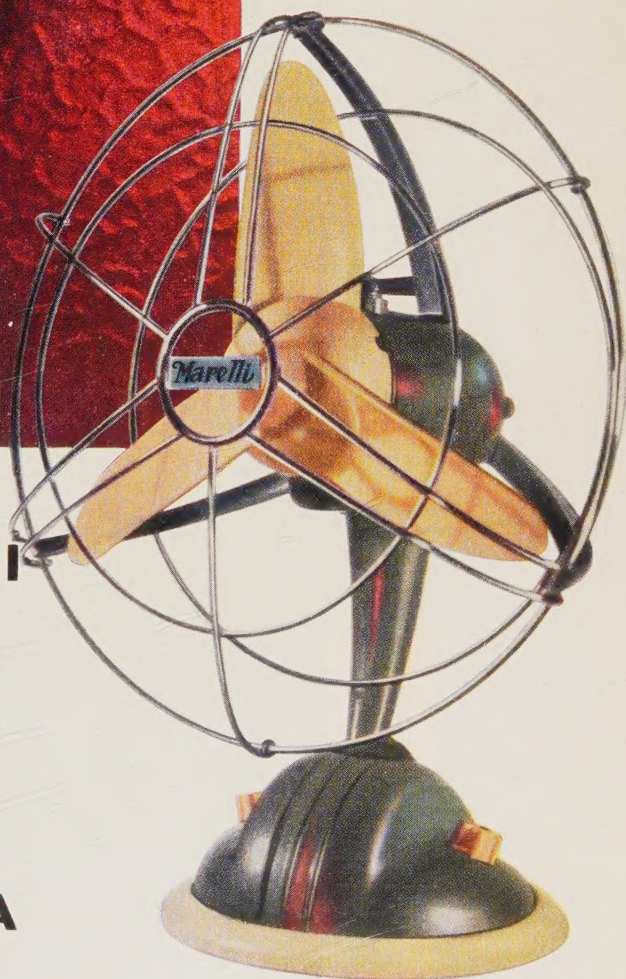
TIBB 60.8

**TECNOMASIO ITALIANO BROWN BOVERI**  
**MILANO**





# *Marelli*



CON VENTILATORI

## *Marelli*

È SEMPRE  
PRIMAVERA

**ERCOLE MARELLI & C. - S.p.A. - MILANO**





**avina**

*isolatori sospesi di vetro temperato  
isolatori rigidi per alta tensione  
isolatori per bassa tensione e telefonici  
isolatori per cabine  
isolatori per tiranti ed antenne*

**MANIFATTURA ISOLATORI VETRO ACQUI**

Sede in Milano - Via Montebello, 39a - Tel. 639.466 - 639.416 - 639.039 - 639.066 - 639.310

Telegrammi: MIVACQUI - MILANO ● Stabilimento in ACQUI TERME (ALESSANDRIA)



# L'ELETTROTECNICA

GIORNALE ED ATTI DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

SOTTO GLI AUSPICI DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

REDAZIONE ED UFFICI DI  
AMMINISTRAZIONE E PUBBLICITÀ:

Milano 2/2 - Via S. Paolo, 10 - Teleg. "asselita",  
Telefoni 794794 - 798897 - c.c. postale 3/1189 Milano

Spedizione in abbonamento postale - Gruppo III

Proprietà letteraria - È vietato riprodurre articoli della presente rivista senza citarne la fonte



ABBONAMENTO PER IL 1960:

IN ITALIA L. 6000.- ESTERO L. 7000.-

Ai soci della A. E. I. un abbonamento gratis

Ciascun fascicolo in Italia L. 600, Estero L. 750

(i Soci dell'AEI, sconto 20%)

Nell'anno escono quattordici fascicoli

## SOMMARIO

### ARTICOLI:

- Angelo Barbagelata - A. M. Angelini - G. Someda . . . . . 374  
Produzione combinata di forza motrice e di calore, con speciale riguardo alle installazioni di turbine a vapore a contropressione - C. Castellani . . . . . 377  
Moderni orientamenti nella progettazione dei veicoli per metropolitane - F. Perticaroli . . . . . 384  
Note sull'installazione e l'impiego dei generatori per alte tensioni ad impulso - G. Zingales . . . . . 394  
Sul comportamento di servosistemi a relè in regime permanente - F. Gasparini - L. Merigliano . . . . . 425  
L'induttore di blocco del circuito di alimentazione del magnete del sincrotrone italiano da 1000 MeV - R. Marenesi - G. Sacerdoti - R. Toschi . . . . . 432  
Criteri per il progetto elettroacustico di un ecoscandaglio - G. Pazienza . . . . . 443

### RUBRICHE VARIE:

- Notizie e Informazioni: Il Gruppo Edison 1949-1959 . . . . . 453  
Una stazione a Capo Miseno per lo studio della fisica della Esosfera sino a 5000 km di altezza - V Convegno-Mostra dell'automazione e strumentazione - V Convegno di Geotecnica - VII Convegno delle Grandi Dighe - Riunione della International Measurement Conference IMEKO . . . . . 458  
Società Elettrica della Libia - I dieci modi pratici per uccidere una Associazione . . . . . 459  
Libri e Pubblicazioni . . . . . 459  
Dalle Riviste: La centrale di Stornorrfor (Gottschalk von Gleijer) - Gli alternatori da 150 MVA di Stornorrfor (Tage Strömberg) . . . . . 461

### NOTIZIE DELL'ASSOCIAZIONE:

- Minuta di verbale della seduta del Consiglio Generale tenuta a Milano il 13-4-1960 . . . . . 486  
Notizie delle Sezioni: Sezione Adriatica, Sezione di Bologna (Sottosezione di Ferrara), Sezione di Catania . . . . . 471  
Sezione di Livorno, Sezione di Napoli, Sezione di Trieste . . . . . 472  
Sezione Veneta . . . . . 473  
Comitato Elettrotecnico Italiano: Riunioni dei Sottocomitati e delle Commissioni di Studio del CEI avvenute nel mese di maggio 1960 . . . . . 473  
Relazione sulla Riunione del Gruppo di esperti del SC. 17B della IEC (Interuttori automatici B.T.) . . . . . 474  
Riunione del Comitato di Studio n. 24 (Grandezze e unità elettriche e magnetiche) - Riunione del Sottocomitato 39-1 della IEC (Tubi elettronici) . . . . . 475  
Riunione del Sottocomitato 39-2 della IEC (Semiconduttori) - Relazione sulla Riunione del Gruppo di lavoro distanze in aria e linee di fuga - Progetti UNEL in inchiesta pubblica . . . . . 476  
Istituto Italiano del Marchio di Qualità: Relazione sull'attività dell'Istituto Italiano del Marchio di Qualità per l'anno 1959 . . . . . 477  
Necrologi: Dr. ing. Mario Bourelly - Dr. ing. Ettore Poletti . . . . . 480  
Attività delle Sezioni . . . . . 480

### SUNTI E SOMMARI . . . . . 81 D

Apparecchi e dispositivi di manovra,  
di regolazione, di protezione, ecc.  
Applicazioni varie  
Condutture  
Convertitori, raddrizzatori ecc.  
Costruzioni elettromeccaniche  
Elettrofisica e magnetofisica  
Elettrotecnica generale  
Fisica, chimica e matematica  
Generatori e motori sincroni

Idraulica  
Impianti  
Materiali  
Misure  
Motori e generatori a induzione  
Motori primi  
Radiotecnica  
Telefonia, telegrafia e televisione  
Trasformatori  
Trasmissione e distribuzione



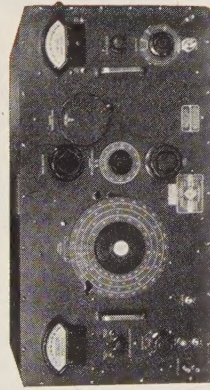
# RUBRICA DELLE DITTE INSERZIONISTE

La pubblicità è effettuata secondo le richieste dell'Inserzionista e non  
implica nè approvazione tecnica nè responsabilità da parte dell'A.E.I.

	Pag.		Pag.		Pag.
Applicaz. Elettroniche - Milano ..	12	FER. Fabbr. Elettr. Riunite - Mi-		OMP Off. Mecc. Prealpina - Busto	
Acc. e Tub. di Brescia - Brescia ..	—	lano .....	80	Arsizio .....	—
Adda Officine - Lodi .....	39	Ferranti - Hollinwood .....	—	O.M.R. - Bollate (Milano) .....	78
AIECI - Milano .....	20	Ferraris Terry - Milano .....	33	OTE Off. Trasf. Elettr. - Bergamo.	29
Aita - Torino .....	8	Ferraris Vittorio - Milano .....	54		
Ansaldò S. Giorgio - Genova .....	53	Ferrè - Milano .....	43	Palazzoli - Brescia .....	85
Amati & Gregorini - Milano .....	—	Fiamm - Montecchio .....	—	Paravicini - Milano .....	44
AMP - Torino .....	94	Fiat - Torino .....	—	Passoni & Villa - Milano .....	98
Ampere - Milano .....	22	Fidenza Vetraria - Milano .....	56	Pellizzari - Arzignano .....	—
Asea - Milano .....	17	Fir - S. Pellegrino .....	82	Pianelli & Traversa - Torino .....	93
Ates - L'Aquila .....	—	Firchow - Berlino .....	—	Pirelli - Milano .....	7
		Fitre - Milano .....	—	Pivi - Milano .....	38
Bagnagatti - Milano .....	20	Francioni - Milano .....	32	Pogliano - Torino .....	40
Balteau - Liegi .....	46	Fulgor - Milano .....	92	Pollice - Milano .....	30
Balzaretti - Modigliani - Milano ..	—	Fumagalli - Milano .....	—		
Basili-Feme - Milano .....	57			Quartz & Silice - Milano .....	—
Basevi - Genova .....	—	Galileo Officine - Battaglia Terme.	88		
Belotti Ing. S. - Milano .....	5-75	Galileo Officine - Firenze .....	62	Rapizzi - Parabiago .....	25
Beyerle - Milano .....	36	Gariboldi - Milano .....	28	Rau - Pforzheim .....	—
Bigatti - Milano .....	67	Gavazzi - Milano .....	68-69	Reinach - Milano .....	—
Bolyin - Amsterdam .....	36	Goerz .....	21	Richardson Allen Italiana - Milano.	87
Bosch - Stoccarda .....	14	Gronda, Rabossi & C. - Milano ..	6	Risomesa - Milano .....	6
Boselli - Milano .....	18			RMT - Torino .....	10
Brizza - Milano .....	14	Homberger - Genova .....	8	Rocca - Torino .....	16-18
BR-Olii Minerali - Milano .....	—	Hruby - Milano .....	26	Romano - Torino .....	46
Brown Boveri (Tecnomasio Ita-				Rosani - Milano .....	50
liano) - Milano .....	2 <sup>a</sup> cop.	Ice - Milano .....	3 <sup>a</sup> cop.	Rotos - Milano .....	32
Cantieri Riuniti Adriatico - Trieste	58	Ind. Mecc. Lombarda - Milano ..	86		
Cariboni - Lecco .....	63	Incet - Torino .....	—	Sace - Bergamo .....	96
Cassinelli - Milano .....	—	Inves - Quattordio .....	45	SAE Soc. An. Elettrif. - Milano ..	70
Cea Perego - Milano .....	97	Invex - Quattordio .....	45	Saice - Torino .....	55
Ceem - Milano .....	26	Irta - Milano .....	54	Salvi - Milano .....	—
Cema - Torino .....	59	Isea - Milano .....	77	Same - Milano .....	—
Ceiet - Milano .....	89	Isola Safi - Milano .....	11	San Giorgio (Nuova —) - Genova.	16
Cerisola - Milano .....	14	Isothermic - Milano .....	23	Scac - Milano .....	49
CGE Comp. Gen. Elettricità - Mi-		Jupiter - Genova .....	73	Scarpa & Magnano - Savona .....	51
lano .....	4 <sup>a</sup> cop.			Scotti, Brioschi & C. - Novara ..	—
CGS Istr. di Misura - Monza .....	100	Kerareistor - Milano .....	20	SEA Società d'Electronique et	
Chauvin, Arnoux - Parigi .....	—	Kloekner-Moeller - Bonn .....	—	d'Autom. Coyrbevoie .....	42
Chima - Sesto S. Giovanni .....	71	Körner - Milano .....	37	SEB Stab. Elettr. Barlassina -	
Ciba - Milano .....	65	Krupp - Essen .....	—	Milano .....	64
Coe & Clerici - Milano .....	12-38			Sefram - Parigi .....	38
Co.ge.co. - Milano .....	—	La Forni-Tecnica - Milano .....	20	Selin - Genova .....	42
Comar - Milano .....	61-81	La Precisa - Napoli .....	95	Serafini - Verbania Intra .....	48
Comelec - Bruxelles .....	76	Landis & Gyr - Zug .....	91	Shell - Genova .....	9
Cominel - Milano .....	76	Legnano Industrie Elettriche - Le-		Siei - Milano .....	35
Compagnia Elettr. Marconi CEM -		gnano .....	—	Siemens - Milano .....	74
Milano .....	50	Leibold - Koln .....	—	Sime - Firenze .....	—
Connei - Genova .....	13			S.I.P.I.E. - Milano .....	60
Corel - Milano .....	19	Machne - Trieste .....	—	Siry Chamon - Milano .....	—
Croci & Farinelli - Milano .....	30	Malisardi - Milano .....	—	Spil - Milano .....	6
		Magrini - Bergamo .....	99	Stem - Trento .....	24
De Benedetti - Milano .....	91	Mannino - Milano .....	12	Stemag - Lauf Pegnitz .....	40
Ducati - Bologna .....	8	Marelli E. - Milano .....	1		
		Marelli (Magneti —) - Milano ..	48	Tagliaferri (Forni) - Milano .....	—
Edison Tudor - Melzo .....	28	Martindale - Londra .....	24	Tagliaferri L. - Milano .....	—
Elcalor - Svizzera .....	6	Mascherpa - Milano .....	8	Tamini - Milano .....	34
Electrital - Milano .....	22	Mater - Roma .....	—	Taragni - Milano .....	14
Electronics Trading - Milano .....	—	Mazzucchelli - Castiglione O. ....	—	Tecnimex - Milano .....	83
Elefantini - Milano .....	—	Mecanoser - Parigi .....	72	Terzago Tranciaturo - Milano .....	6
Elesta - Bad Ragaz .....	—	Meta - Milano .....	15	Tettex - Zurigo .....	22
Elettrofil - Torino .....	16	Microfarad - Milano .....	—	Trüb Täuber - Zurigo .....	—
Elettrocondutture - Milano .....	90	Miva - Milano .....	2		
Elettrotecnica Lombarda - Milano	—	Mobil Oil Italiana - Genova .....	—	Vanossi - Milano .....	52
Elettrotermoidustria - Milano .....	42	Monti & Martini - Milano .....	47	Veronesi - Bologna .....	44
Elperm - Milano .....	18	Mottola - Milano .....	40	Vetrotesile - Milano .....	—
English - Londra .....	22	Muratori - Roma .....	1 <sup>a</sup> cop.	Vianello - Milano .....	27
Engo - Milano .....	22			Vogtle-Malanca - Milano .....	21
Erba C. - Milano .....	84	Negri & C. - Milano .....	45	Volpato - Milano .....	—
Erib - Milano .....	—	Nippon Gaishi Kaisha - Mizuho ..	41	Volta - Bolzano .....	10
Esso - Genova .....	—				
Face - Milano .....	—	Oeren - Napoli .....	—	Zellweger - Uster (Svizzera) .....	35
Fantini & Cosmi - Milano .....	34	Oec - Como .....	66	Zennaro - Mestre .....	10
Fatme - Roma .....	79	Omega - Torino .....	24-72	Zucchini - Brescia .....	50
		OMI Ottica Mecc. Italiana - Roma.	31		

La carta uso patinata e satinata della pubblicità e del testo è fornita dalle Cartiere A. Binda.





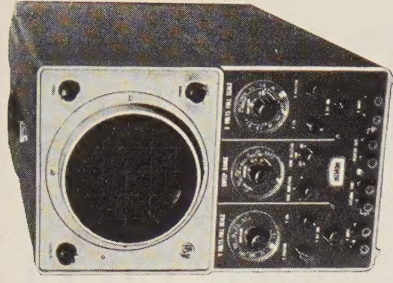
#### GENERAL RADIO

Generatori di segnali campione



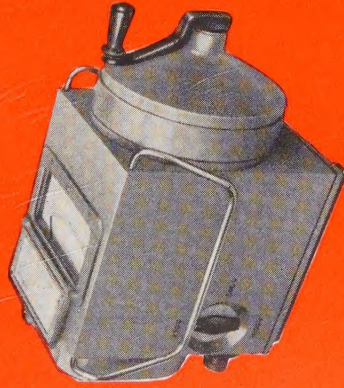
#### WESTON

Wattmetri da laboratorio



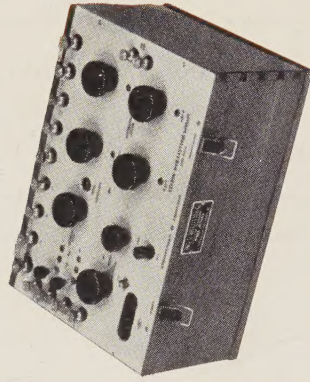
#### DU MONT

Oscillografi a raggi catodici



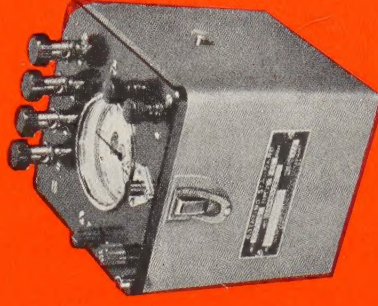
#### MEGGER

Misuratori di isolamento e di terra



#### TINSLEY

Ponti per misure di resistenze



#### SANGAMO

Contattori campione

# STRUMENTI PER MISURE ELETTRICHE

## Ing. S. & Dr. GUIDO BELOTTI

GENOVA - VIA G. D'ANNUNZIO 1/7 - TEL. 52.309

ROMA - VIA DEL TRITONE 201 - TEL. 67.17.09

NAPOLI - VIA MEDINA 61 - TEL. 32.32.79

MILANO

PIAZZA TRENTO 8

TELEFONI { 54.20.51 - 54.20.53

54.20.52 - 54.20.20

TELEGR. : INGBELOTTI - MILANO



## TERZAGO TRINCIATURA S.p.A.

VIA TAORMINA, 28 - VIA CUFRA, 23

TEL. 606.020 - 600.191 - 606.620

### MILANO

**LAMIERINI MAGNETICI TRINCIATI**  
per motori elettrici trifasi e monofasi  
e per trasformatori, in qualsiasi potenza  
e tipo.

**LAMIERINI MAGNETICI TRINCIATI**  
per indotti auto.

**ROTORI PRESSOFUSI** (5)

*La Società è attrezzata con macchinario  
modernissimo per le lavorazioni speciali  
e di grande serie.*

# GRONDA

## FILI SMALTATI

(131)

**INGG. GRONDA RABOSI & C.**

CONDUTTURE MATERIALI ISOLANTI

**MILANO - BRUZZANO**

Telefono 645.01.97

Telegr.: GRONDA-FONO



Resistenze  
non metalliche,  
non induttive per alta  
e bassa tensione.  
Alto carico.

**Resistenze  
Quarzilit R1**

## Risomesa - S.p.A.

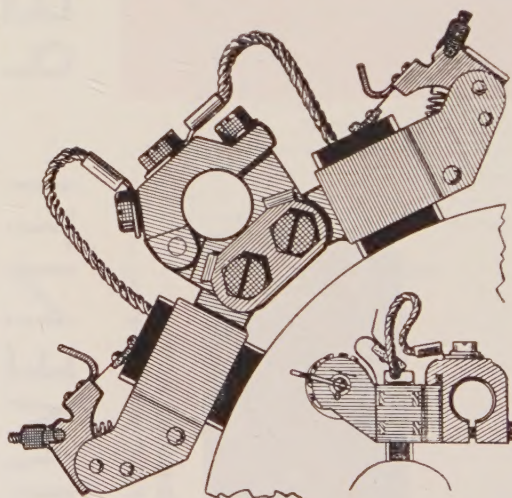
MILANO - VIA DEI MOCENIGO, 9 - TEL. 573.703 - 592.524

M  
A  
T  
E  
R  
I  
A  
L  
I

R  
I  
N  
G  
S  
D  
O  
R  
F  
F

L  
A  
V  
O  
R  
A  
Z  
I  
O  
N  
I

R  
I  
S  
O  
M  
E  
S  
A



SPAZZOLE, PORTASPAZZOLE e COLLETTORI  
per macchine elettriche.

CONTATTI e STRISCIANTI DI CARBONE per  
tutte le applicazioni. ELETTRODI per spettrografia,  
laboratorio, fototecnica e riproduzioni disegni.

ACCESSORI tranciati e MINUTERIE metalliche.  
SPINE ELASTICHE CONNEX.

ANELLI e MOLLE a stella RINGSPANN.

CUSCINETTI (bussole) autolubrificanti in metallo  
sinterizzato.

(179)

**ELCALOR**

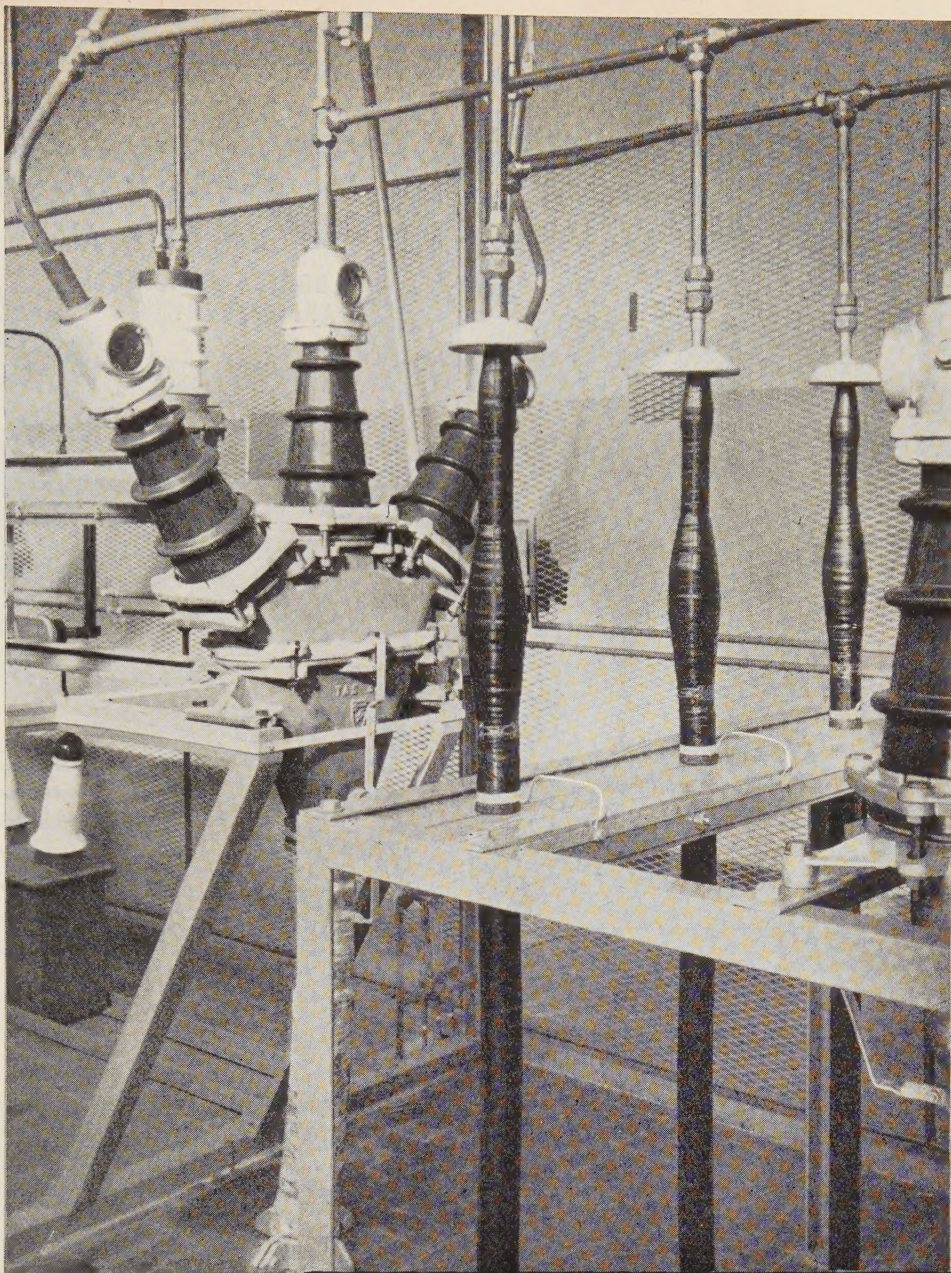
AARAU

ELCALOR SA. Aarau, Svizzera

Rappresentanza generale:  
Ing. A. de Benedetti, s.r.l.,  
Via E. Toti 4, (P. za Baracca),  
Milano

(244)





Cavi gommaprene (m.r.) per 25 kV con terminali nastrati

I cavi della versatilità

**gommaprene**  
(m.r.)

**PIRELLI**

anche per tensioni superiori a 1000 V (fino a 25.000 V)

**Posa:** aerea, interrata, subacquea, mista, fortemente inclinata, verticale.

**Particolarmente indicati in:**

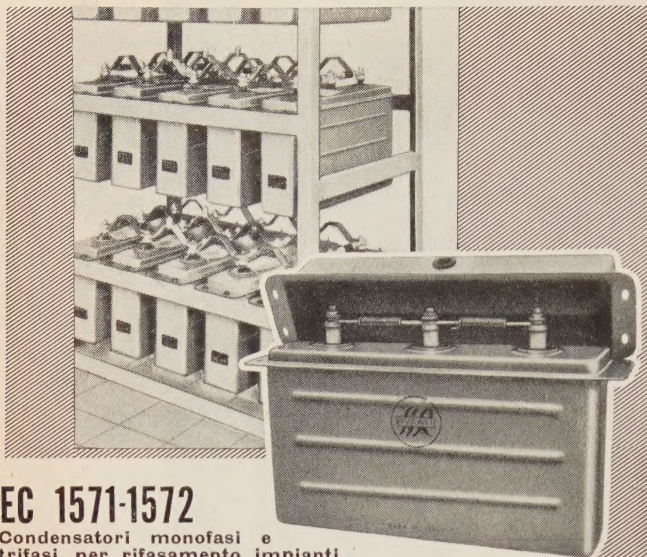
sostituzione delle linee aeree su isolatori  
attraversamenti di zone molto alberate, parchi, boschi  
centrali e sottostazioni elettriche  
stabilimenti chimici, parchi ferroviari, industrie estrattive, zone litoranee.

**Consentono numerosi vantaggi fra i quali:**

decongestione e massima economia nel tracciato delle linee; eliminazione di isolatori, traverse ed altri accessori; minori cadute di tensione; messa in opera sollecita ed agevole; nessuna manutenzione; facile ispezionalità e celere sostituzione; facile e rapida ricerca di guasti; grande sicurezza nel caso di temporali, bufere di vento, forti nevicate, gelo intenso.

**Nessuna interruzione nel caso di abbattimento di pali**





**EC 1571-1572**

Condensatori monofasi e trifasi per rifasamento impianti a bassa tensione.

La DUCATI ELETTROTECHNICA produce:

- condensatori statici monofasi e trifasi per rifasamento a bassa e media tensione. Batterie di qualsiasi potenza e tensione, complete di apparecchiature di manovra e di protezione.
- condensatori di accoppiamento e riduttori di tensioni capacitivi

Caratteristiche elettriche a norme CEI e VDE

**DUCATI**

BOLOGNA - Borgo Panigale - C.P. 588 - Tel. 381.672

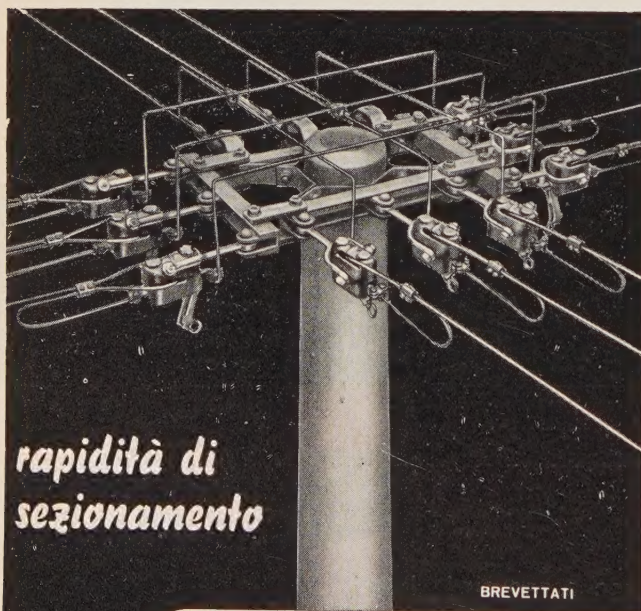
**Soneria bitona**

Dott. Ing. P. AITA - TORINO

FABBRICA MATERIALI  
E APPARECCHI  
PER  
L'ELETTRICITÀ



(26)



*rapidità di  
sezionamento*

BREVETTATI

**SEZIONATORI AEREI**

PER LINEE A BASSA TENSIONE

A LEVA SCATTO RAPIDO E CONTATTI MULTIPLI  
MANOVRABILI A FIORETTO



ELETTROMECCANICA

**ETTORE MASCHERPA**

VIA R. LEONCAVALLO 37 - MILANO (5-20) - di MAXELETTRON - 207.181 - 280.226 - 252.743



**SMERIGLIATRICI  
AD ANGOLO**

AD ALTO RENDIMENTO

POTENZA RESA IN SERVIZIO CONTINUO HP 1,25  
INGRANAGGI RAFFREDDATI AD ARIA  
8400 GIRI AL MINUTO



DOPPIO ISOLAMENTO  
DI SICUREZZA

**W. HOMBERGER & CO. GENOVA**

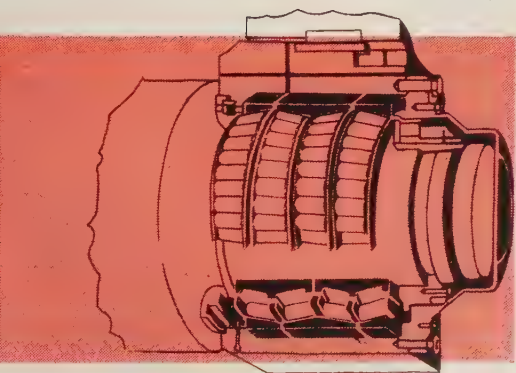
Casella Postale 808 - Via Brigata Liguria, 63 R.



Noi del Servizio Tecnico Shell  
siamo sempre pronti  
a risolvere con voi  
i problemi di lubrificazione  
dei vostri impianti.  
Servitevi della nostra consulenza:  
mettiamo a vostra disposizione  
la grande esperienza  
scientifica e pratica che la Shell  
ha acquisito nel vostro  
settore in anni e anni di  
attività in ogni  
parte del mondo.



## I Tecnici della Shell consigliano gli SHELL ALVANIA GREASES per la perfetta lubrificazione dei vostri macchinari



**Gli Shell Alvania Greases sono grassi dalle eccezionali caratteristiche di polivalenza, in grado di rimpiazzare vantaggiosamente i diversi grassi** per impieghi specifici. Grazie agli speciali componenti a base di Litio, gli Shell Alvania Greases possiedono:

- eccellente stabilità chimica e meccanica
- una straordinaria protezione dalla corrosione, anche in ambienti molto umidi e in presenza d'acqua
- eccezionale durata in servizio
- un ottimo comportamento in un campo di temperature molto esteso.

Per queste proprietà e per le loro caratteristiche di pompabilità, adesività e resistenza ai carichi, gli Shell Alvania Greases garantiscono una perfetta lubrificazione nelle più diverse e severe condizioni di esercizio.

Ecco perchè i Tecnici della Shell vi consigliano gli Shell Alvania Greases.

# SHELL ALVANIA GREASES

SONO PRODOTTI



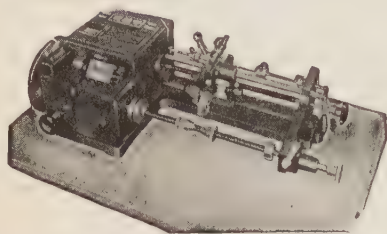
USATI IN TUTTO IL MONDO



**R. M. T.**

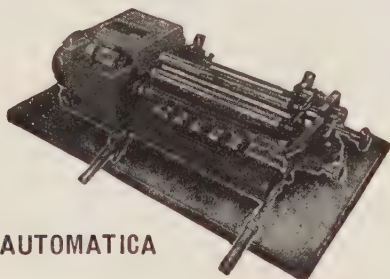
RICCARDO MARTINATTI - TORINO

**COSTRUZIONI MECCANICHE DI PRECISIONE**  
**BOBINATRICI AUTOMATICHE PER AVVOLGIMENTI ELETTRICI**  
**VIA PLANA, 5 - TORINO - TELEF. 885.163**



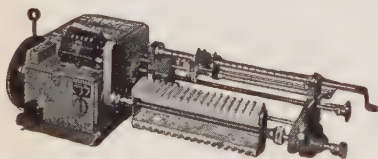
**BOBINATRICE AUTOMATICA**  
**Tipo SLW/330**

per fili da mm. 0,06 a mm. 3  
 con riduttore ad ingranaggi incorporato per  
 facilitare il bobinaggio fili di grosso diametro  
 diam. max. d'avv. mm. 330 x 330 di lunghezza



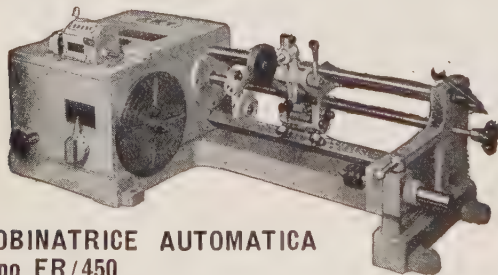
**BOBINATRICE AUTOMATICA**  
**Tipo UW/T6**

per fili da mm. 0,06 a mm. 0,85 - per bobinaggi  
 multipli di 4-6-8 bobine contemporaneamente, con  
 dispositivo taglia/carta - lunghezze di bobinaggio  
 330-450-750



**BOBINATRICE AUTOMATICA**  
**Tipo SLW/ES 330 - CPM - BM**

per grandi produzioni di bobine per mo-  
 tori elettrici con ns. dispositivo brevettato



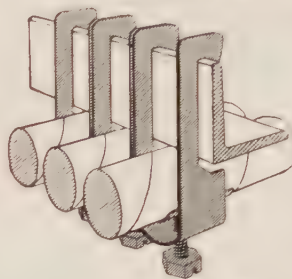
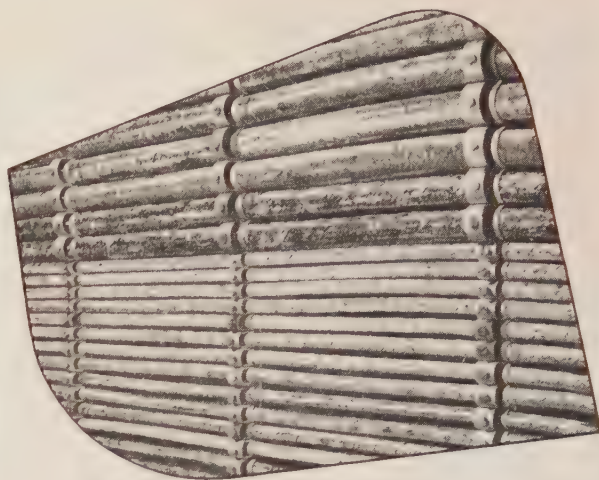
**BOBINATRICE AUTOMATICA**  
**Tipo ER/450**

per fili da mm. 0,10 a mm. 4 in tre gam-  
 me riduttore ad ingranaggi incorporato

(148)

Costruiamo bobinatrici completamente automatiche con contagiri  
 a prenotazione, per la costruzione di bobine relè di ogni tipo per  
 grandi produzioni.

**COSTRUZIONI SPECIALI DI MACCHINE PER OGNI ESIGENZA**

**MORSETTERIA****POSACAVI****E TUBAZIONI**

**Ing. U. ZENNARO - Costruzioni elettriche**

**MARGHERA - Via Volta 4/C**

(33)

## PROTEZIONE CONTRO GLI INFORTUNI

secondo le norme  
 CEI e prescrizioni  
 del D. P. R. 547



- Pinze isolate per allacciamenti volanti sotto tensione
- Pistole a punte retrattili per A.T. e B.T.
- Spine e prese per A.T.
- Misuratori della resistenza delle terre.
- Apparecchio per la prova della rigidità.

(134)



RAPPRESENTANZA ESCLUSIVA PER L'ITALIA

**VOLTA**

BOLZANO - Via Iserco 6 Tel. 27 082

MILANO - Via Statuto 13 Tel. 635 281



# isolanti di cava

*aminati flessibili composti*

classe

**A**

max. 105 °C

**TISOFLEX** = combinazione di carta o cartoncino e resina termoplastica speciale  
Tipi normali:  
per impiego generale: Tipo 1  
per impieghi gravosi: Tipo 2

classe

**E**

max. 120 °C

**TISOLITE** = combinazione di tela oleata e transformer-board incollati e pressati  
Tipi normali: B - 10 - 13  
**MYOFLEX** = combinazione di cartone ad alta resistenza con film di poliestere  
Tipi normali: LS-1.025 e LS-1.050

Nota: Per motori a norme CEM in classe E utilizzare isolanti di cava in classe E

classe

**B**

max. 130 °C

**ISOMICAFLEX** = mica continua (Isomica) con supporto carta - cartone - tessuto di vetro - film poliestere  
Tipi normali:  
B/LC (con cartone ad alta resistenza)  
B/MM25 (con film poliestere)  
B/LM25 (cartone e film poliestere)  
B/VM25 (Vetrotex impr. e film poliestere)

classe

**F**

max. 155 °C

**ISOMICAFLEX** = mica continua (Isomica) tra un supporto di Vetrotex impregnato con vernice in classe F ed un film di poliestere ad elevata resistenza termica e meccanica  
Tipo normale:  
F/VM25

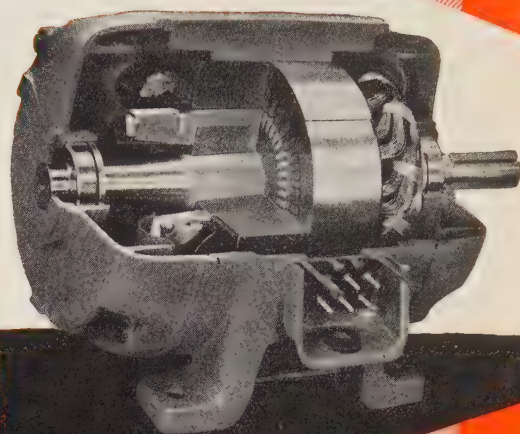
classe

**H**

max. 180 °C

**ISOMICAFLEX** = mica continua (Isomica) con supporto Vetrotex, impregnato al silicone  
Tipi normali:  
H/VV (tra due Vetrotex classe H)  
H/VM25 (tra un Vetrotex classe H ed un film di poliestere)

Motore asincrono trifase  
isolato con "ISOMICAFLEX"  
(produzione Ansaldo San Giorgio)



*ad ogni  
motore  
l'isolante  
di cava  
più  
adatto*

**S. p. A. PER LA FABBRICAZIONE ISOLANTI ELETTRICI**  
VIA PALESTRO, 4 - MILANO - TELEF. 795.551-4

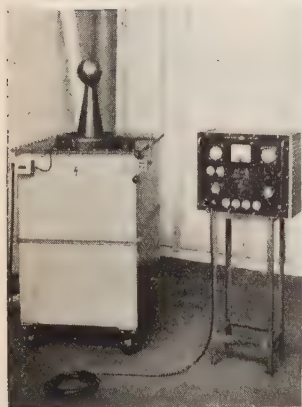
**ISOLA**

*richiedete le nostre pubblicazioni tecniche*



## AIRMEC LIMITED HIGH WYCOMBE

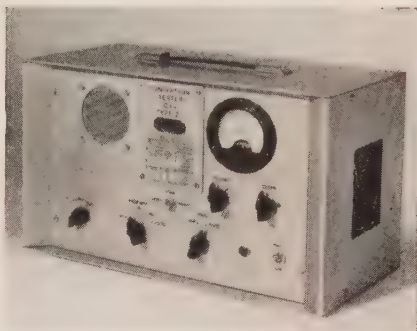
BUCKS - ENGLAND



Timers - Equipaggiamenti fotoelettrici - Contatori elettronici - Amplificatori c. c. - Standard di frequenza - Strumenti elettronici per laboratorio - Calcolatori analogici.

Flash Tester per misure di isolamento fino a 200 kV.

Ionisation Tester da 5-10-20 kV per misure d'isolamento a ionizzazione.



Rappresentante per l'Italia

**APPLICAZIONI ELETTRONICHE S.p.A.**  
Via A. Bonomi, 16 - Milano - Tel. 370.408/9

Impianti ed apparecchi di televisione industriale a circuito chiuso AETRON per ogni applicazione.

(224)



**APPLICAZIONI ELETTRONICHE S.p.A.**  
Via A. Bonomi, 16 - Milano - Tel. 370.408/9



# BAUR



Generatore per  
A.T. in c.c. mod.  
PGK 35-45

(155)

### Generatori portatili di alta tensione per:

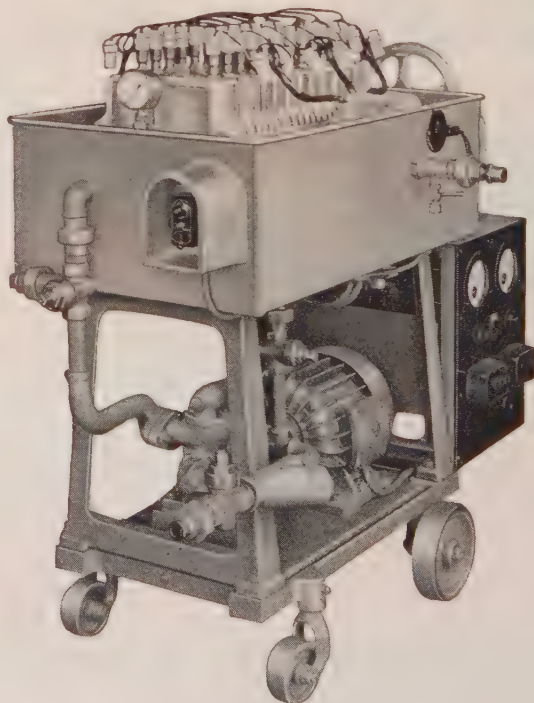
- prove di rigidità dielettrica su oli isolanti
- prove d'isolamento e rigidità dielettrica con corrente continua su cavi e isolanti - Tensione di prova 35 kV - 45 kV - 70 kV - 120 kV

Per informazioni e preventivi rivolgersi a:

**HENRY COE E CLERICI RAMO TECNICO S.p.A.**  
Via Lanzone, 31 - MILANO - Tel. 808.548 - 871.358

COSTRUZIONI ELETTROMECCANICHE FILTRIPRESSA  
**MANNINO GAETANO**  
Via A. Doria, 7 Off. Via M. Macchi, 73  
Telefono 203-138 MILANO Telefono 270-957

DEPURAZIONE - FILTRAZIONE - DEGASSIFICAZIONE  
sotto vuoto degli Olii Isolanti da Trasformatori



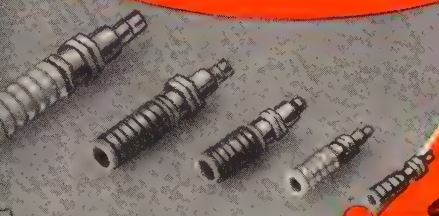
Portata 1000 l/h

(166)

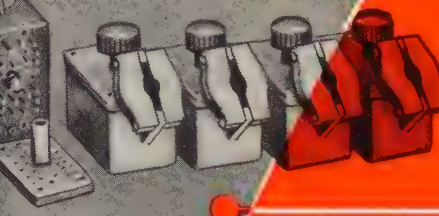


# CONNETTORI *elettrici*

COSTRUITI SU LICENZA  
FRB - ASNIÈRES - FRANCIA



RACCORDI  
UNIPOLARI RCA

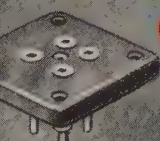


CONNETTORI RET-  
TANGOLARI CRV  
CON ESTRATTORE  
SINO  
A 225 CONTATTI

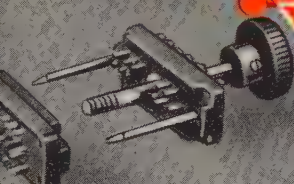


CONNETTORE CON  
USCITA LATERALE

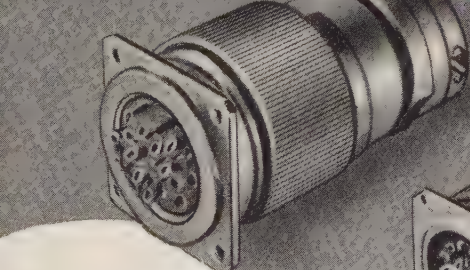
## ALTE PRESTAZIONI



SUPPORTI PER  
VALVOLE J e SJ

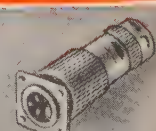
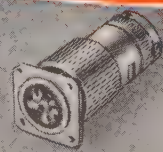
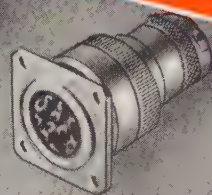
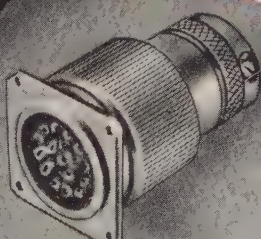


CONNETTORE PER  
PANNELLI



CONNETTORI E  
PROLUNGATORI  
L-U-CN-DN-EN FINO  
A 61 CONTATTI

CATALOGO  
GENERALE  
A RICHIESTA



# CONNEI

S. p. A. - CONNEI - VIA P. D. BISSONE,  
GENOVA - BORZOLI - TELEFONI 471.060 - 470.79

UN COMPLEMENTO AL CONTATTO R. C

IL  
CONTATTO

# H.C

IL  
CONTATTO

## IPERBOLOIDE DI CONTATTO

- PIÙ DI 100.000 MANOVRE POSSIBILI
- ALTA INTENSITÀ DI PASSAGGIO DI CORRENTE
- MINIMA CADUTA DI TENSIONE
- SFORZO COSTANTE E REGOLARE DI INTRODUZIONE E ESTRAZIONE
- LARGHE TOLLERANZE SUI DIAMETRI DELLE SPINE
- COSTANZA DELLE PRESTAZIONI ELETTRICHE E MECCANICHE



BREVETTATO

I fili metallici utilizzati per assicurare i contatti elettrici sono disposti secondo le generatrici rettilinee di un iperboloide di rivoluzione.

I fili sono fissati alle loro estremità su delle basi circolari e lavorano sull'illungamento con una piccola sollecitazione il che permette un considerevole numero di manovre senza usura apprezzabile.

## DI CONSEGUENZA RISULTA

- SICUREZZA ASSOLUTA DI CONTATTO
- RISCALDAMENTO TRASCURABILE
- POSSIBILITÀ DI CONNETTORI MULTIPOLARI A NUMERO CONSIDEREVOLE DI CONTATTI SENZA NECESSITÀ DI ESTRATTORE

I CONNETTORI CONNEI SONO EQUIPAGGIATI CON CONTATTI ELASTICI BREVETTATI RC o M



## ROBERT BOSCH - Stoccarda

Condensatori in carta metallizzata per tutte le applicazioni elettrotecniche.



Condensatori in carta metallizzata (MP) in classe 1

I condensatori Bosch in carta metallizzata, in classe 1 delle norme DIN, sono previsti per sollecitazioni climatiche particolarmente gravose.

Vengono usati in ambienti umidi e all'aperto a qualsiasi latitudine, nella zona temperata, ai tropici e nelle regioni polari.

Limiti di temperatura:

condensatori fino a 160 Volt c.c.  
da  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+70^{\circ}\text{C}$   
condensatori oltre a 160 Volt c.c.  
da  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $+85^{\circ}\text{C}$

Sono costituiti da bobine di carta metallizzata in custodia cilindrica di alluminio con coperchio di lamiera saldato. Sono resistenti alle corrosioni grazie a una speciale verniciatura protettiva. I passanti sono in vetro con terminali per saldatura. Portano un bullone di fondo per il fissaggio e la messa a terra.

Tens. nominale c.c. (Tens. di punta) Volt	Tens. alternata ammessa a 50 Hz Volt	Capacità $\mu\text{F}$
160 (240)	75 SC 115 SI	1—32
250 (375)	125 SC 190 SI	0,5—40
350 (525)	150 SC 225 SI	0,5—32
500 (750)	220 SC 330 SI	0,1—20
750 (1125)	250 SC 375 SI	0,5—8

SC = Servizio continuo  
SI = Servizio intermittente

I condensatori Bosch in carta metallizzata si autocicatizzano in caso di scarica distruttiva senza interruzione del servizio. Sono sicuri contro i corto circuiti, insensibili a brevi sovratensioni e praticamente antinduttivi. Dimensioni e peso ridotti

Agente generale per l'Italia (56)

### ING. TARAGNI & C.

Società in nome collettivo

MILANO - VIA BORGONUOVO 14 - Tel. 661.750-635-446  
TORINO - VIA SAGLIANO MICCA 4 - Tel. 520.310  
BOLOGNA - VIA CASTIGLIONE 4 - Tel. 231.228

## BRIZZA

ALESSANDRO BRIZZA  
MILANO

(51)

**Morsetteria  
per  
Linee Alta Tensione  
Trazione  
Cabine**

Specialità Brevettate per Linee Elettriche - Sottostazioni e Cabine  
**VIA GUINIZELLI, 3 - MILANO - TELEFONO 287.635**

# CERISOLA

**PIAZZA OBERDAN, 4 - MILANO - Tel. 270-842-278-641**  
Telegrammi: CERISOLA - MILANO

**VITI IN MATERIALE SINTETICO**

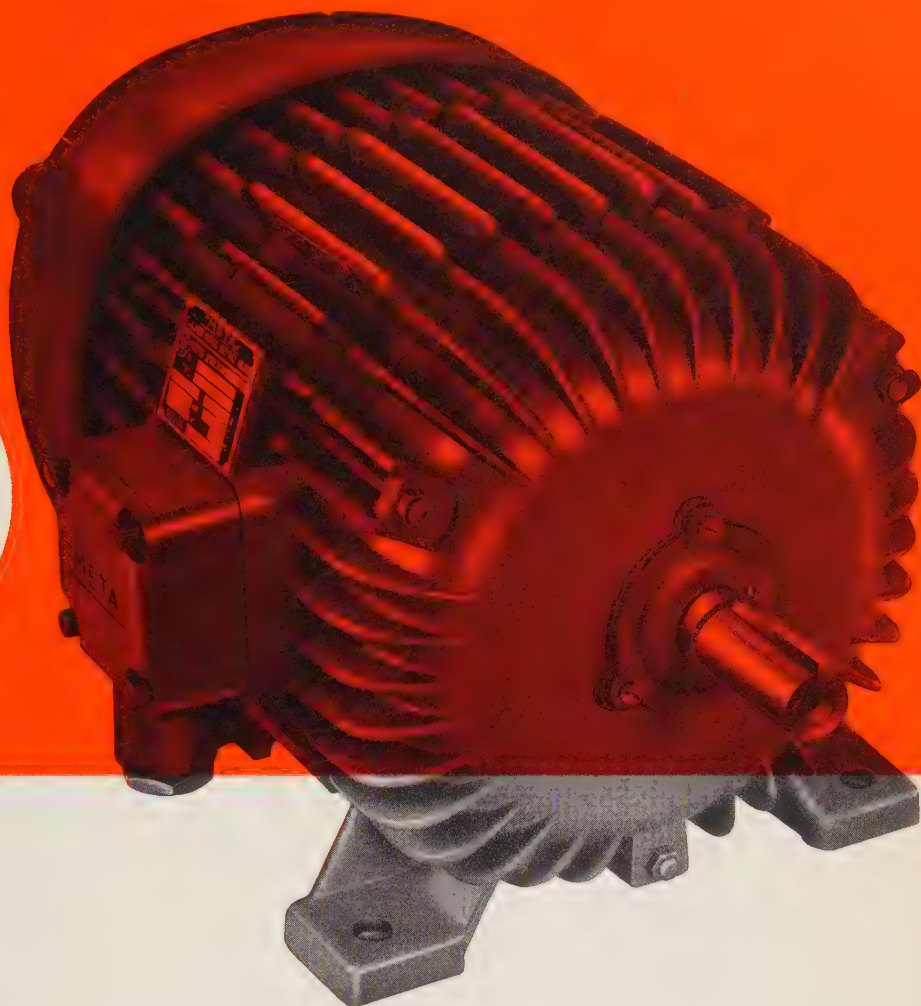
VITERIA STAMPATA CALIBRATA • VITERIA TORNITA DI GRANDE PRECISIONE • VITI  
"MASCHIANTE", N. S. F. • VITI AUTOFILETTANTI • VITI CON ESAGONO  
INCASSATO INDEFORMABILE • VITI "COLLARIN", CON RANELLA ACCOPPIATA  
NON SFILABILE • VITI IN MATERIALE SINTETICO • "GRANI", CEMENTATI PER RADIO  
E T.V. • VITI PICCOLISSIME "MICRON", • VASTO ASSORTIMENTO A MA-  
GAZZENO • QUALSIASI PEZZO A DISEGNO ANCHE CON TOLLERANZE CENTESIMALI



**serie a  
rotore  
cilindrico  
con  
spostamento  
assiale  
e frenatura  
a campana  
conica**

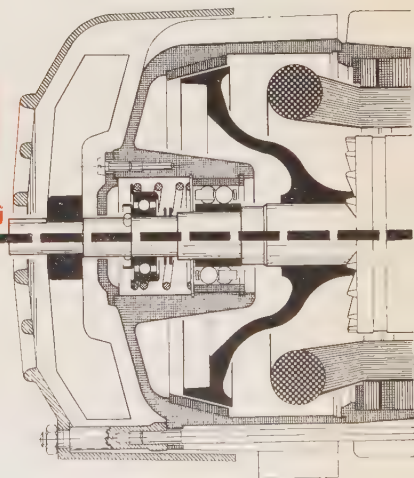
(185)

**serie a  
rotore  
cilindrico  
senza  
spostamento  
assiale  
e frenatura  
con  
elettromagnete  
e nastro**



## motori autofrenanti

per traslazioni - sollevamenti - comandi vari



**"META"**

S.p.A. FABBRICA MOTORI ELETTRICI

Stabilimento:

Pavia - viale Certosa 68 - tel. 24.251/2

Ufficio Vendite:

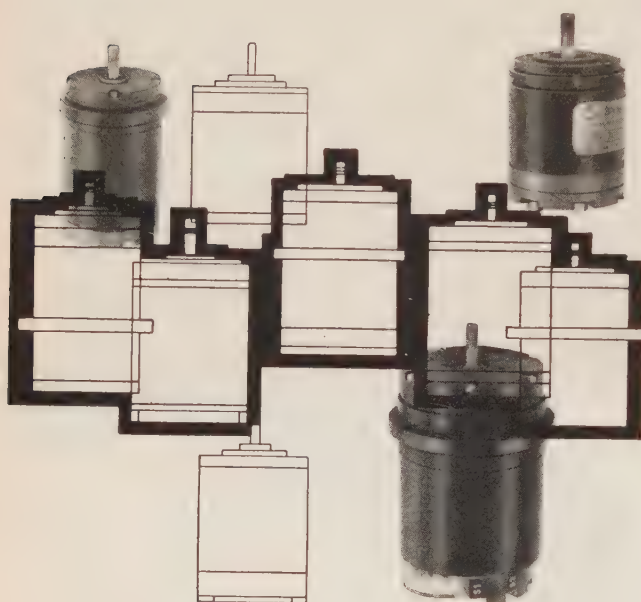
Milano - via Ariberto 24 - tel. 850.141/2



# SAN GIORGIO

**A** LTA LTA LTA      PRECISIONE  
LTA LTA LTA      QUALITA'  
LTA LTA LTA      TEMPERATURA

SYNCHROS    SERVOMOTORI  
TACHIMETRI    RESOLVERS



(118)

i synchros i servomotori e i tachimetri sono apparecchi indispensabili laddove sia necessaria una alta precisione, una rapida risposta e un ampio campo di temperatura. sono largamente usati in applicazioni industriali e di controllo per impianti nucleari

nuova **SAN GIORGIO s.p.a.** • GENOVA-SESTRI

via luciano manara 2

telefoni: 474.141 - 471.441 - telegrammi: sangiorgio-sestriponente



**CAVI E  
CONDUTTORI ELETTRICI  
ISOLATI**

UFFICIO DI MILANO

Via Meravigli 12/14 - Tel. 861.928

SEDE E STABILIMENTI TORINO

Via Buenos Ayres 8 - Tel. 396.330 - 390.280

## MICROMOTORI SINCRONI

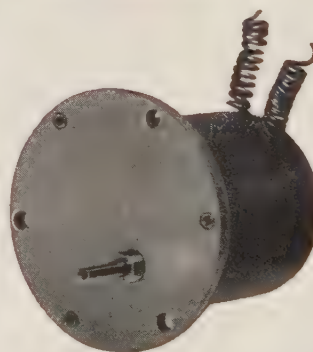
mod. 912

**Massima coppia  
Minimo ingombro  
Facile applicazione**

200 giri al  
minuto

Vengono forniti  
in molte altre  
velocità  
da 120 giri al  
minuto  
a 1 giro all'ora

**innumerevoli  
possibili  
applicazioni  
in ogni campo**



(191)



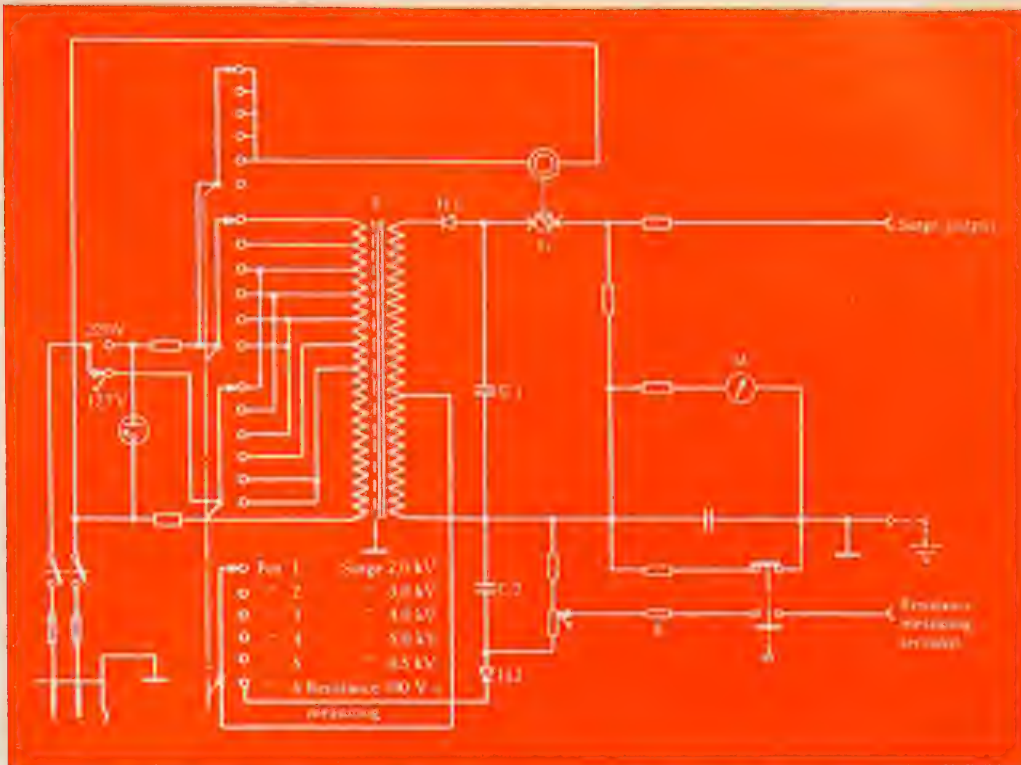
CHIEDERE OFFERTE AL

RAPPRESENTANTE

**DITTA ALBERTO ROCCA S.p.A.**

TORINO - Piazza Lagrange 2 - Tel. 47022





## Generatore di impulsi Tipo TUA

per prove di isolamento  
in circuiti a bassa tensione

- Rivela punti deboli nella installazione
- Permette la diretta localizzazione del punto di guasto
- Semplice da maneggiare e di facile trasporto

Il generatore di impulsi tipo TUA è stato studiato soprattutto per la ricerca e la localizzazione di guasti in impianti a bassa tensione, causati da temporali, cattivo montaggio, invecchiamento, rotture meccaniche, impolveramento ecc. Spesso essi si manifestano con perforazione dell'isolante o correnti superficiali, causando in tal modo perdite di corrente che possano provocare incendio.

Il TUA, progettato come un piccolo generatore di impulsi, ha la forma d'onda che corrisponde approssimativamente a quelle delle sovratensioni di origine atmosferica in rete a bassa tensione. Il valore di cresta delle onde può essere regolato in gradini del valore nominale di 2, 3, 4, 5 e 6,5 kV.

Il TUA presenta due vantaggi rispetto ai normali apparecchi prova-circuiti; in primo luogo, esso supera piccoli intervalli d'aria che si trovano generalmente in serie con il punto di guasto e che non può essere rilevato con il normale prova-circuiti. In secondo luogo, si ha uno scoppietto bene udibile ed una scintilla ben visibile nel punto di guasto.

Il generatore è provvisto di uno strumento che indica le scariche che si verificano nel circuito. Tutto ciò che occorre, è seguire il circuito che si sta ispe-

**Esemplari di apparecchi di questo tipo a disposizione presso il ns. ufficio per prove dimostrative.**

zionando sino a che si sente la scarica facendo così risparmiare molto tempo nella localizzazione del guasto.

Il generatore è munito anche di una sezione separata a 500 V, corrente continua che può essere usata come un normale prova-circuiti. Il valore della resistenza può essere letto direttamente sullo strumento. L'energia dell'impulso è troppo bassa per dar luogo ad incendi, ma l'apparecchiatura non dovrà essere usata in posti dove potrebbero succedere esplosioni, ad esempio magazzini di esplosivi e di combustibili liquidi.

Si deve notare che l'impulso non danneggia i circuiti non avariati. Ripetute applicazioni di questi impulsi non causano il graduale deterioramento dell'isolamento né danni più gravi per formazione di depositi carboniosi.

L'apparecchio è costruito per essere collegato a linee a 220 o 127 V, corrente alternata e porta dei fusibili sul lato alimentazione.

L'equipaggiamento è contenuto in una cassetta di lamiera d'acciaio delle dimensioni di 300×175×220 mm. Il peso totale è di circa 10 kg. L'apparecchio è fornito di custodia per il trasporto.



# reattori saturabili TOROIDALI



Per qualsiasi regolazione trifase o monofase  
fino a 100 kVA.

- Rendimento elevato:  $95 \div 98\%$
- Minima potenza di comando:  $10 \div 150$  Watt
- Minima caduta di tensione: in saturazione  $1 \div 3\%$
- $\cos\varphi$ : 1 a pieno carico - 0,8 a metà carico
- Minimo ingombro

## CAMPI DI APPLICAZIONE

Alimentazione modulata di forni - Alimentatori per c. c. stabilizzati e con regolazione della tensione - Stabilizzatori statici per c. a. - Alimentazione e regolazione di motori in c. c. - Regolatori per alternatori.

APPARECCHIATURE ELETTRONICHE - AMPLIFICATORI  
MAGNETICI - STABILIZZATORI DI TENSIONE

(289)

# ELPERM

DEGLI ING. E PONTREMOLI E G. BOZZI

MILANO - Via M. LORIA, 24 - TELEFONO 44.25.41

## "CARPO"

(Carpano & Pons di Cluses)

### CONTATORE TOTALIZZATORE D'IMPULSI ELETTRICI



a 4 cifre, rimessa a zero istantanea

10 impulsi al secondo

alimentazione 24V corr. continua

consumo 0.2 amp.

ingombro 90x35x22 mm.

alimentazione a 6 - 12 - 120 volt a richiesta

RAPPRESENTANTE GENERALE PER L'ITALIA: (190)

S.p.A. **ALBERTO ROCCA**

PIAZZA LAGRANGE, 2 TORINO



- *interruttori orari*
- *relais ciclici*
- *orologi di controllo*
- *registratori dei tempi di lavoro*
- *contatempo - contaminuti - contasecondi*
- *programmatori - segnalatori*

(186)

# BOSELLI

MILANO - Via G. da Procida, 11 - Tel. 332258 - 335614  
Filiale di ROMA - Via Sardegna, 50 - Tel. 484867 - 462389



# METRAWATT A.G.

NORIMBERGA



MISURATORI  
DI TERRA

(ISe)



PER IL CONTROLLO PERIODICO  
DELLE RESISTENZE DI TERRA  
DEGLI IMPIANTI ELETTRICI  
USATE APPARECCHI  
M E T R A W A T T

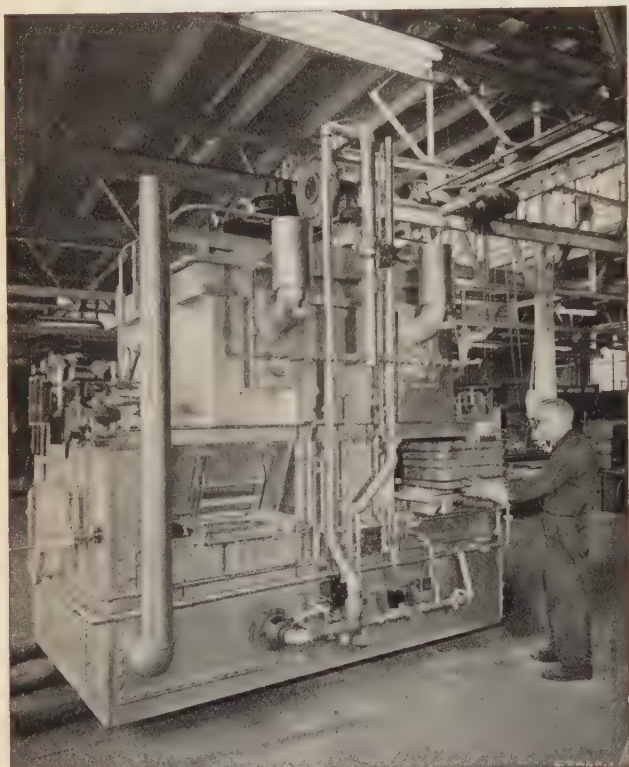
SEMPlici  
PRATICI  
DI FACILE USO

**COREL -** COMMERCIO E RAPPRESENTANZE ELETTROINDUSTRIALI S. R. L.  
MILANO - (509) - VIA EDOLO, 6 - TELEFONO 606.347



**Si riducono del 60% i costi dei trattamenti termici e soprattutto il consumo di energia elettrica con i forni ad atmosfera controllata a ciclo continuo e intermittente automatico**

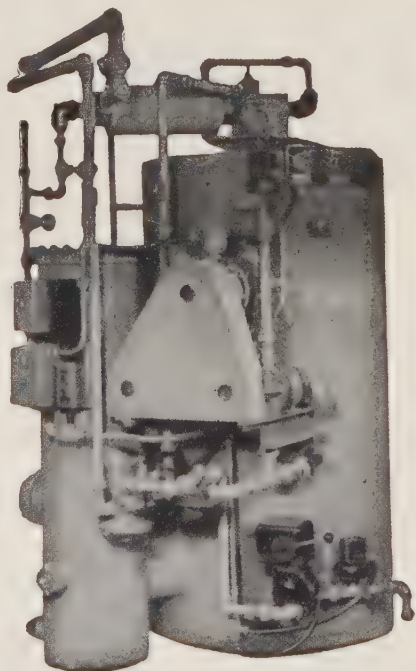
**«HOLCROFT»**



Forno tipo «BANTAM» a ciclo intermittente automatico

Cementazione  
Carbonitrurazione  
Tempera  
Rinvenimento  
Ricottura  
Normalizzazione

Il nuovo generatore di atmosfera endotermico (Lo Dew) non richiede più il riscaldamento elettrico della storta. Rendimento, resa in esercizio e durata notevolmente superiori a quelli di qualsiasi altro apparecchio del genere esistente.



**Per informazioni interpellateci.**

(258)

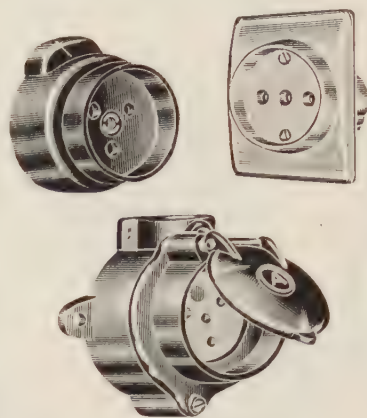
Rappresentante e Licenziataria per l'Italia:

**LA FORNI - TECNICA** MILANO  
VIA GIAMPIERO LUCINI, 21  
TELEFONI 690.650 - 690.406

**prese di sicurezza  
“ad interruttore”**

6-15-30 A - 380 V - Brev. A.I.E.C.I.

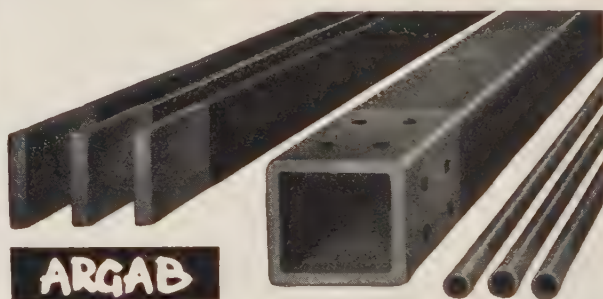
(225)



**approvate  
dal centro  
controlli  
tecnici  
dell'ENPI**

**AIECI s.r.l. - MILANO**

Via C. D'ADDA, 9 - Telefono 848.28.23



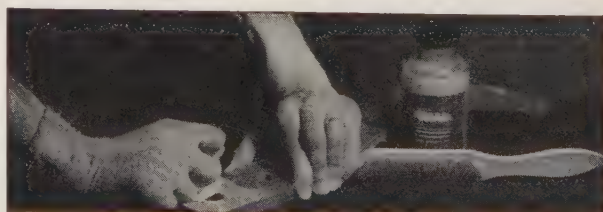
**ARGAB**

L'ARGAB è una polvere sempre pronta all'uso, la quale per semplice sfregamento dissolda la superficie di rame, ottone o bronzo, vi deposita uno strato d'argento puro incorporato e conferisce alla superficie stessa le caratteristiche proprie dell'argento. - L'argento così depositato ha tutte le proprietà di quello depositato per via galvanica. - Non si hanno grumi e superfici irregolari come per la stagnatura a immersione e sono eliminate le difficoltà tecniche connesse all'argentatura galvanica di grosse sbarre. Sono così risolti facilmente e rapidamente i problemi che sorgono per il riscaldamento dovuto all'ossidazione e per qualsiasi altro inconveniente che ostacoli la conducibilità delle superfici di rame. - Questo trattamento si può effettuare sui contatti di sbarra sia all'aperto che in galleria, nelle centrali e sottostazioni, senza richiedere il trasporto delle apparecchiature.

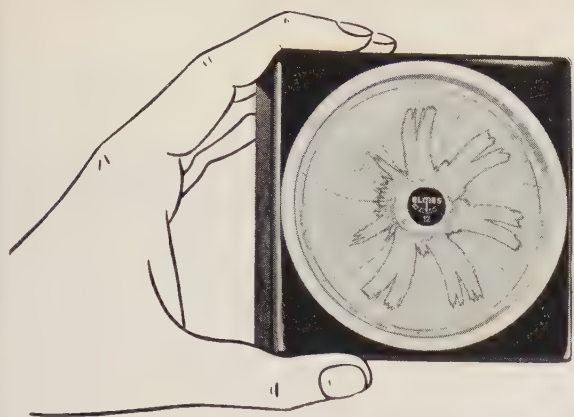
Scrivete per la campionatura e per i listini ad:

**A. BAGNAGATTI** - Via G. Ugolini, 24 - MILANO - Tel. 6425300 - 6425316

(6)





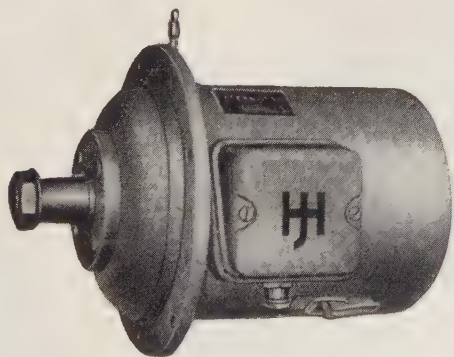
**STAUB & Co. - Svizzera****STRUMENTI ELETTRICI E REGISTRATORI  
ELMES**

- STRUMENTI PORTATILI INFRANGIBILI
- REGISTRATORI SENZA INCHIOSTRO  
MINIATURA DA INCASSO E PORTATILI
- REGISTRATORI SENZA INCHIOSTRO  
DA INCASSO E PORTATILI A 1 - 2 - 3 - 4 COLORI

I REGISTRATORI ELMES MISURANO TENSIONI,  
POTENZE ATTIVE E REATTIVE, CORRENTI, TEM-  
PERATURE

**STRUMENTI ELETTRICI PORTATILI E DA  
LABORATORIO**

- STRUMENTI DA LABORATORIO DI ALTA PRE-  
CISIONE
- STRUMENTI PORTATILI PER LABORATORIO E  
SALE PROVA, CLASSE: 0,5
- STRUMENTI PORTATILI UNIVERSALI
- STRUMENTI PORTATILI PER MISURAZIONI DI  
TERRE E ISOLAMENTO

**J. HUEBNER - Germania****C. P. GOERZ - Austria****MACCHINE ELETTRICHE SPECIALI**

LE DINAMO TACHIMETRICHE HUEBNER

A CORRENTE CONTINUA SINO A 1500 W

A CORRENTE ALTERNATA AD 1,3 E 6 FASI

SI DISTINGUONO PER LA LORO ECCELLENTE  
LINEARITÀ ED IL BASSO CONTENUTO ARMONICO  
DELLA TENSIONE GENERATA

**SPECIALITÀ PER L'INDUSTRIA ELETTROTECNICA**

**DITTA VOGTLE MALANCA**

VIALE LOMBARDIA, 50 - MILANO - TELEFONI 296.441 - 292.233



# ENGO

S. R. L.

succursale della **G. ENGLISH Ltd. Londra**

## MICA

BLOCK  
SFOGLIATA CON POLVERE  
SFOGLIATA SENZA POLV. RE  
ALLIBRATA (Bookform)  
FILMS  
FILMS PER CONDENSATORI

In tutti i gradi e qualità (chiarissima, chiara, semichiarata, macchiata)

delle migliori origini: Indiana, Africana, Argentina, Brasiliana.

*Consegne pronte presso i nostri magazzini di Milano per merce sdoganata oppure spedizioni dirette dall'origine su contratti.*

### MILANO

VIA CARLO POMA, 25

Telegrammi: Ambasciata-Milano

742.469

Telefoni: 745.407

745.408

(86)



TURBINE A VAPORE E TURBOGENERATORI

RAPPRESENTANTE GENERALE PER L'ITALIA:

(19)

### ELECTRITAL S. a r. l. - MILANO

PIAZZA DUCA D'AOSTA, 8 - TEL. 278.676 - 278.678

**PONTE DI SCHERING UNIVERSALE DI PRECISIONE CON RAMI INVERTIBILI**  
(Brev. **TETTEX** Zurigo) per alta e bassa tensione per misure con lettura diretta e di capacità e di tgdelta, di induttanza e di mutua induttanza.

campi di misura:

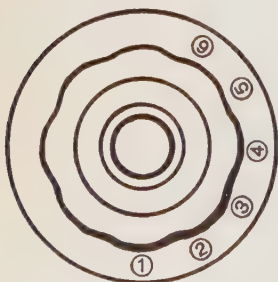
capacità 0...100.000  $\mu$ F

tgdelta 0...1

precisione garantita:

capacità  $\pm 0.05\%$ tgdelta  $\pm 0.5\% \pm 1 \dots 2 \cdot 10^{-5}$ 

**Selettore** per realizzare gli schemi secondo i seguenti metodi di misura:



- ① - ponte normale per alta tensione (prevalentemente), con lettura diretta del tgdelta, secondo Schering
- ② - ponte invertito per bassa tensione (prevalentemente), con lettura diretta di capacità, secondo Schering - Tettex per misure su condensatori elettrolitici per induttività secondo Maxwell
- ③ - ponte invertito per misura su oggetti a terra di capacità e tgdelta
- ④ ⑤ - ponte normale per misure di piccole capacità a tgdelta con sensibilità e precisione spinte, secondo Schering - Wien
- ⑥ - ponte invertito per mutua induttanza, secondo Carrey - Foster per induttività secondo Hay.

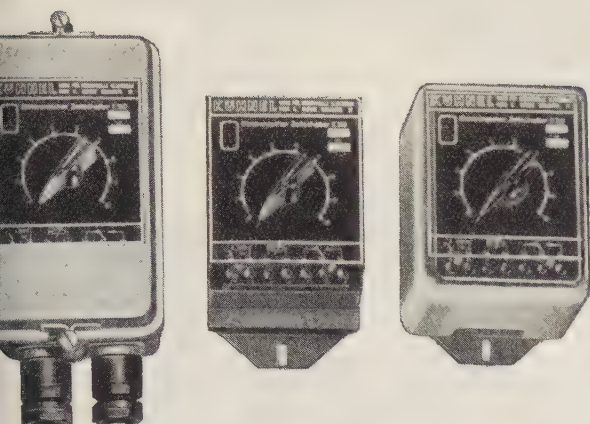
Primarie referenze italiane ed estere

per offerte: **AMPERE S.A.S.** MILANO via Fel. Casati, 3  
tel. 225.853 - telegr. Amperesa



# KÜHNEL - VIENNA

APPARECCHIATURE ELETTRONICHE INDUSTRIALI



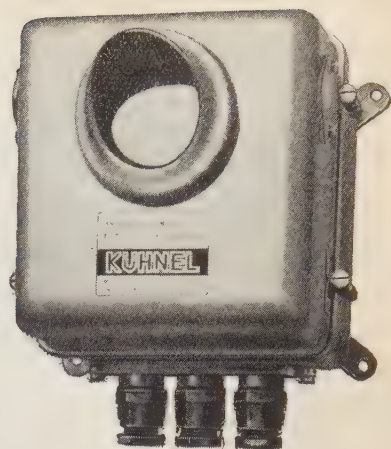
Interruttori a tempo elettronici  
Tipo E 310

Tempi regolabili da 0,05 a 300 sec.

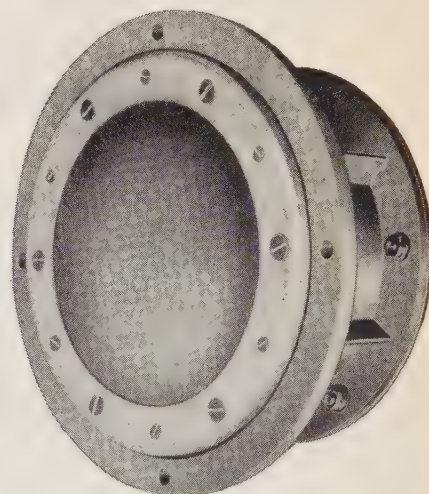
Esecuzioni per retroquadro,  
da pannello e stagne

Limitatori del tempo di saldatura

CELLULE FOTOELETTRICHE  
INTERRUTTORI ED IMPIANTI  
COMPLETI A FOTOCELLULA  
AMPLIFICATORI AL TIRATRON A  
CATODO FREDDO E RESISTENZA  
FOTOELETTRICA

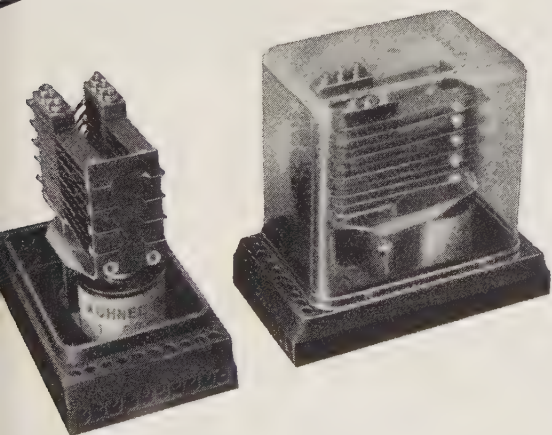


Interruttore crepuscolare  
Tipo E 205



Interruttori a membrana per silos ecc.  
Tipo B 311

Pressione di scatto: 8 gr/cm<sup>2</sup>



- Relè per fotocellule
- Relè a contatti metallici ed a mercurio
- Relè ritardati
- Relè sotto vuoto
- Relè ad ancora, ad interruzione progressiva ed a contatti striscianti
- Relè programmatori
- Misuratori e regolatori della densità di fumo

(238)

appresentanza esclusiva per l'Italia:

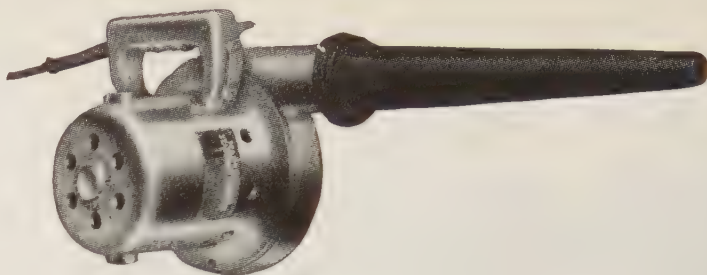
**SOTHERMIC SWISS**

MILANO - Via Deffenu, 7/e - Telefono 209.872  
Bergamo - Nembro - Via Roma, 45/e - Telef. 51.260 (da Milano 035)





MARTINDALE  
ELECTRIC. CO.  
LONDON

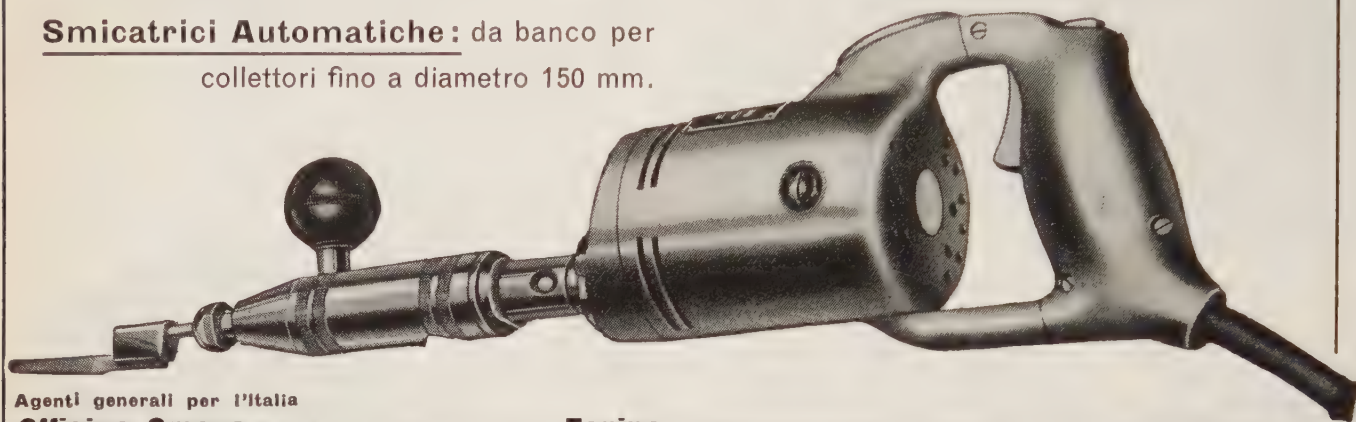


(40)

**Smicatrici Portatili:** Elettriche -  
Pneumatiche e con comando a flessibile.

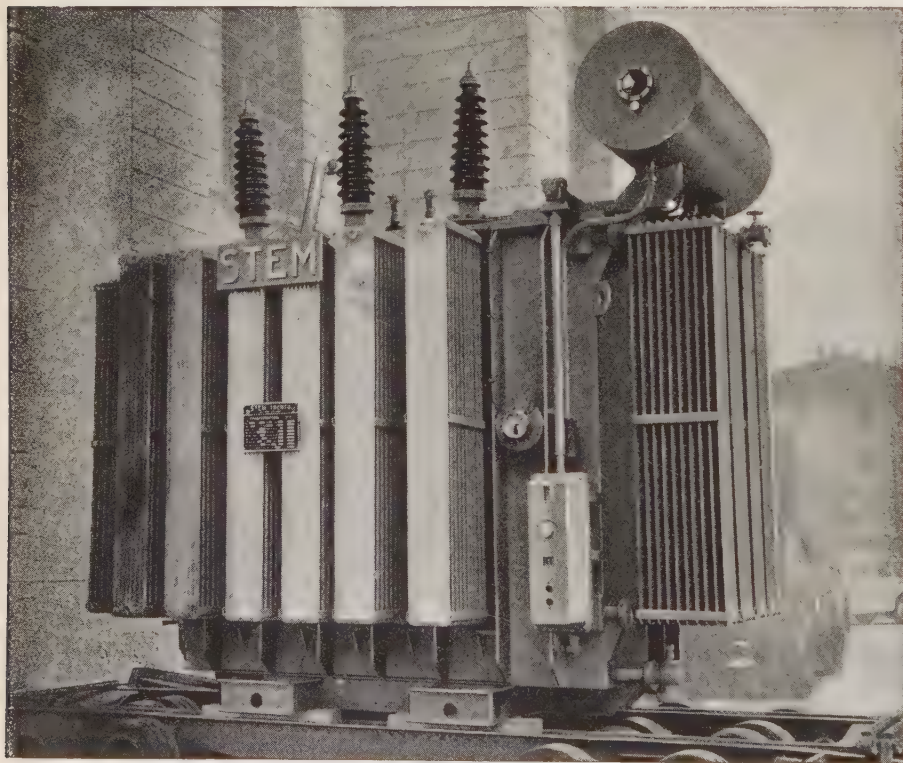
**Smicatrici Automatiche:** da banco per  
collettori fino a diametro 150 mm.

**Soffiatori - Aspiratori:** portatili per  
pressione fino a 1370 mm. e portata 540 m<sup>3</sup>/h.



Agenti generali per l'Italia

**Officine Omega S.p.A.** - Via Massena, 13 - **Torino** - Telefono 512.444 (5 linee ricerca automatica)



TRASFORMATORE TRIFASE A RAFFREDDAMENTO NATURALE 10MVA  
63550 ± 4x775/21000 VOLT CON COMMUTAZIONE SOTTO CARICO

(17)

# STEM

SOCIETA' TRENTINA  
ELETTRO MECCANICA

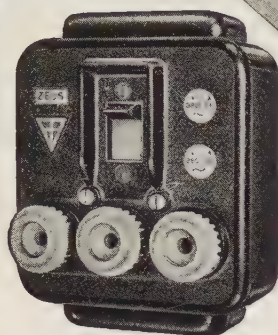
# TRENTO

VIALE VERONA, 38  
CASELLA POSTALE 229  
TELEFONO N. 26066  
TELEGR.: STEM-TRENTO



# con i nuovi tipi la gamma degli interruttori "ZEUS"

**soddisfa ogni esigenza d'impiego**



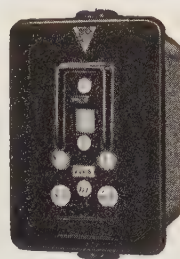
**SERIE 680**

35 A 280 V c.a. • 25 A 380 V c.a.  
Mod. sporgente - base in steatite - con portavalvole tipo Diazed



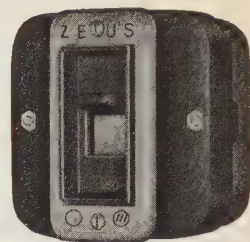
**SERIE 670**

35 A 280 V c.a. • 25 A 380 V c.a.  
Mod. sporgente - base in steatite - con portavalvole a filo



**SERIE 670/E - 672/E**

35 A 280 V c.a. • 25 A 380 V c.a.  
Mod. da incasso a filo muro - base in steatite - con e senza portavalvole a filo

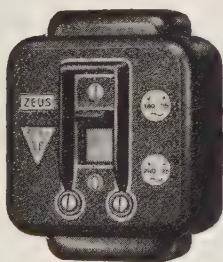


**SERIE 686**

35 A 280 V c.a. • 25 A 380 V c.a.  
Retroquadro per macchine e pannelli - base in steatite - mostri-ne a colori - senza portavalvole

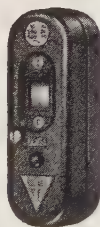
*Decine di milioni di  
interuttori "ZEUS,,*

*installati in tutto il  
mondo da oltre 25 anni*



**SERIE 682**

35 A 280 V c.a. • 25 A 380 V c.a.  
Mod. sporgente - base in steatite - senza portavalvole

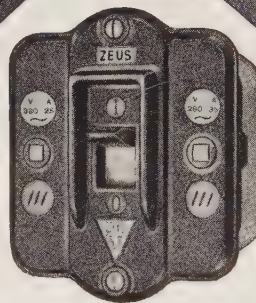


**SERIE 100**

20 A 300 V c.a. • 10 A 500 V c.a.  
Mod. sporgente - base bachelite - con e senza portavalvole a filo

**SERIE 800 e 900**

70 A 300 V c.a. • 35 A 500 V c.a.  
Mod. sporgente - base bachelite - senza portavalvole



**SERIE 684**

35 A 280 V c.a. • 25 A 380 V c.a.  
Mod. da incasso in quadri, macchine e pannelli - base in steatite - senza portavalvole



**GARANZIA DA DIFETTI DI COSTRUZIONE ANNI 10**

**OFFICINE  
ELETTROMECCANICHE  
RAPIZZI** FONDATE NEL 1912

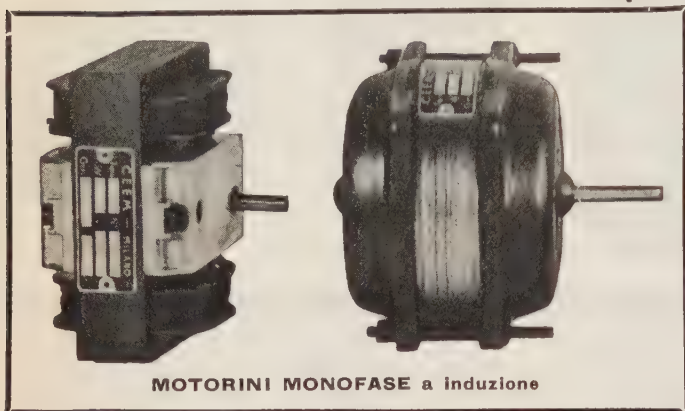
*I ns. brevetti sulla APERTURA LENTA - CHIUSURA RAPIDA  
risalgono al 1932. - Contatti in argento puro massiccio.*



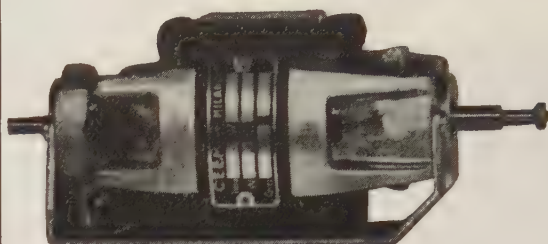
# MOTORINI ELETTRICI

di potenza frazionaria

- \* per elettrodomestici,
- \* macchine per ufficio,
- \* applicazioni industriali



MOTORINI MONOFASE a induzione



POTENZE ELETTRICHE  
per corrente alternata monofase e continua

## C. E. E. M.

**COSTRUZIONI ELETTROMECCANICHE ELETTRODOMESTICHE MILANO S.p.A.**

Sede Sociale, Ufficio tecnico commerciale e stabilimenti:

Via Padova, 183 - MILANO - Telefoni: 256.0781/2/3

(34)

preferite anche Voi ...

## NATIONAL

I TUBI INDUSTRIALI



- ... thyratrons
- ... ignitrons
- ... rettificatori

← NL 732 THYRATONS →  
NL 760 THYRATONS



**QUALITÀ - RENDIMENTO - PREZZO**  
VASTO ASSORTIMENTO - DEPOSITO A MILANO

(194)

**NATIONAL ELECTRONICS INC.** GENEVA, ILL. U.S.A.

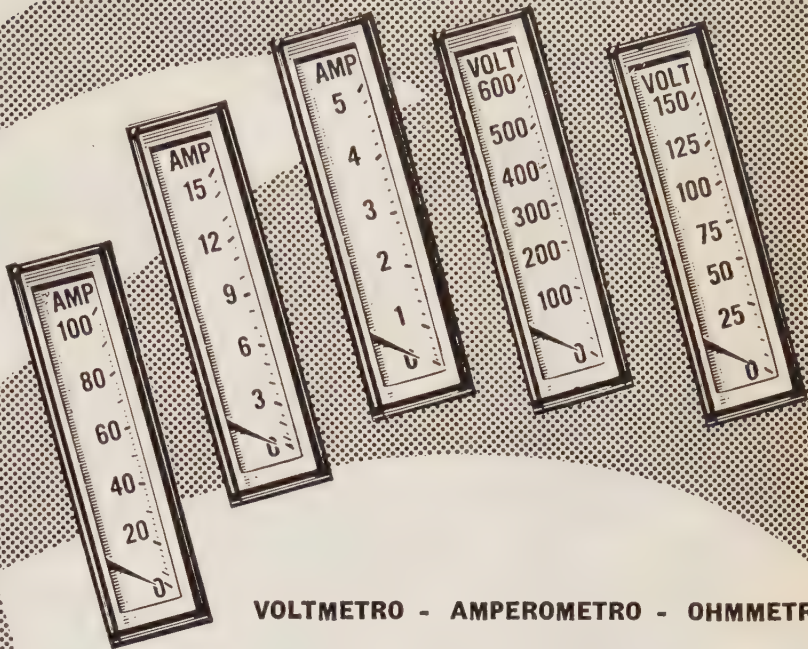
Rappresentanza esclusiva per l'Italia:

Ditta CARLO HRUBY - MILANO - Viale Tunisia, 50 Tel. 65.24.83



NUOVO !

# AMPROBE RS-3



VOLTMETRO - AMPEROMETRO - OHMMETRO

DIMENSIONI  
180x66x34 mm ca.  
PESO=gr. 390 ca.  
PRECISIONE: 3%  
del fondo scala

9 portate 5-15-40  
100-300 A.; 150-  
300-600 V.;  
0-2.000 OHM.

Manovrabile con una sola mano; Il pollice  
cambia le portate.  
Si vede solo una scala alla volta.  
Il dispositivo di bloccaggio dell'indice per-  
mette la lettura anche dopo che la tenaglia  
è stata sganciata dal conduttore in esame.

CONSEGNA PRONTA !

ALTRI VOLTAMPEROMETRI TASCABILI A TENAGLIA, PERÒ CON DIVERSE  
CARATTERISTICHE. FINO 300 - 600 E 1200 AMPERE (0 - 150 - 300 - 600 V.)



## RADIO FREQUENCY

LABORATORIES INC. (U.S.A.)

### MISURATORE DI CAMPO MAGNETICO

PORTATE (GAUSS)		
0-100	0-1.000	0-10.000
0-200	0-2.000	0-20.000
0-500	0-5.000	0-20.000 esteso

### LEGGE DIRETTAMENTE IN GAUSS BASATO SUL PRINCIPIO DI HALL

Precisione 3% (aumentabile a 1% con magneti di riferi-  
mento) - Responso piatto da c.c. a 120 Hz. (oltre, me-  
diante curve di correzione) - Alimentazione dalla linea ed  
a batterie - 10 Sonde di vario tipo (cilindriche e piatte)  
fino a 0,24 mm. di spessore.

Modello 1295A ►

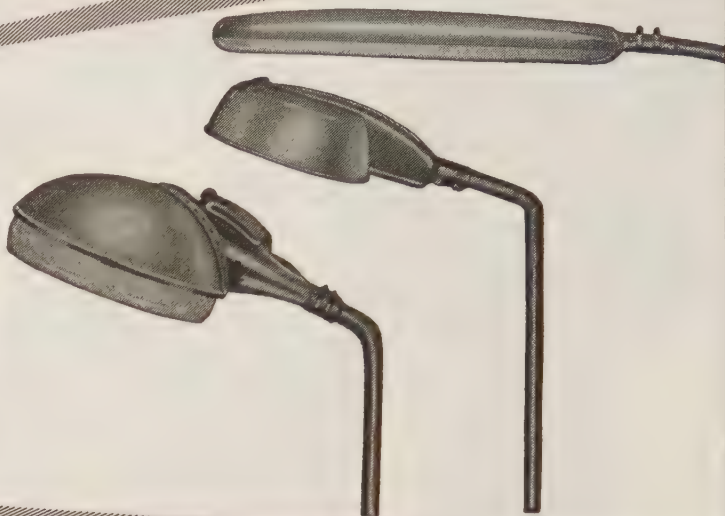
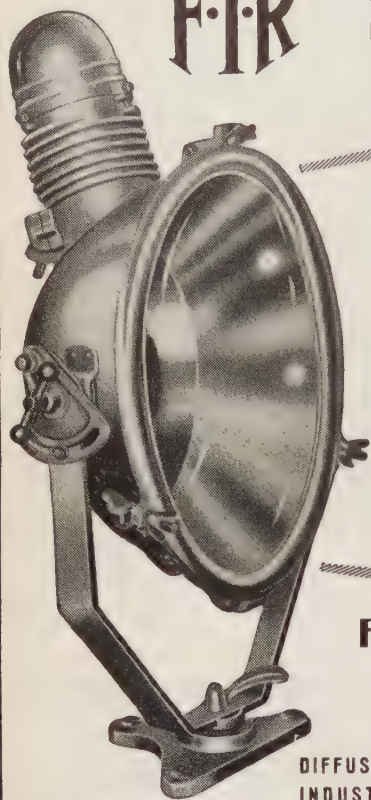


AGENTE GENERALE  
PER L'ITALIA

# DOTT. ING. M. VIANELLO

VIA L. ANELLI, 13 - MILANO - TELEFONI 553.811-553.081



**F.I.R.****FRANCESCO GARIBOLDI**MILANO-VIA ARICI 25  
TEL. 2560063-2560450**FABBRICA****ITALIANA****RIFLETTORI**DIFFUSORI, LUMI, ARMATURE STRADALI, PROIETTORI PER ILLUMINAZIONE INTERNA, ESTERNA,  
INDUSTRIALE, STRADALE DI GARA AD INCANDESCENZA E A FLUORESCENZA DI OGNI TIPO**TUDOR***accumulatori*

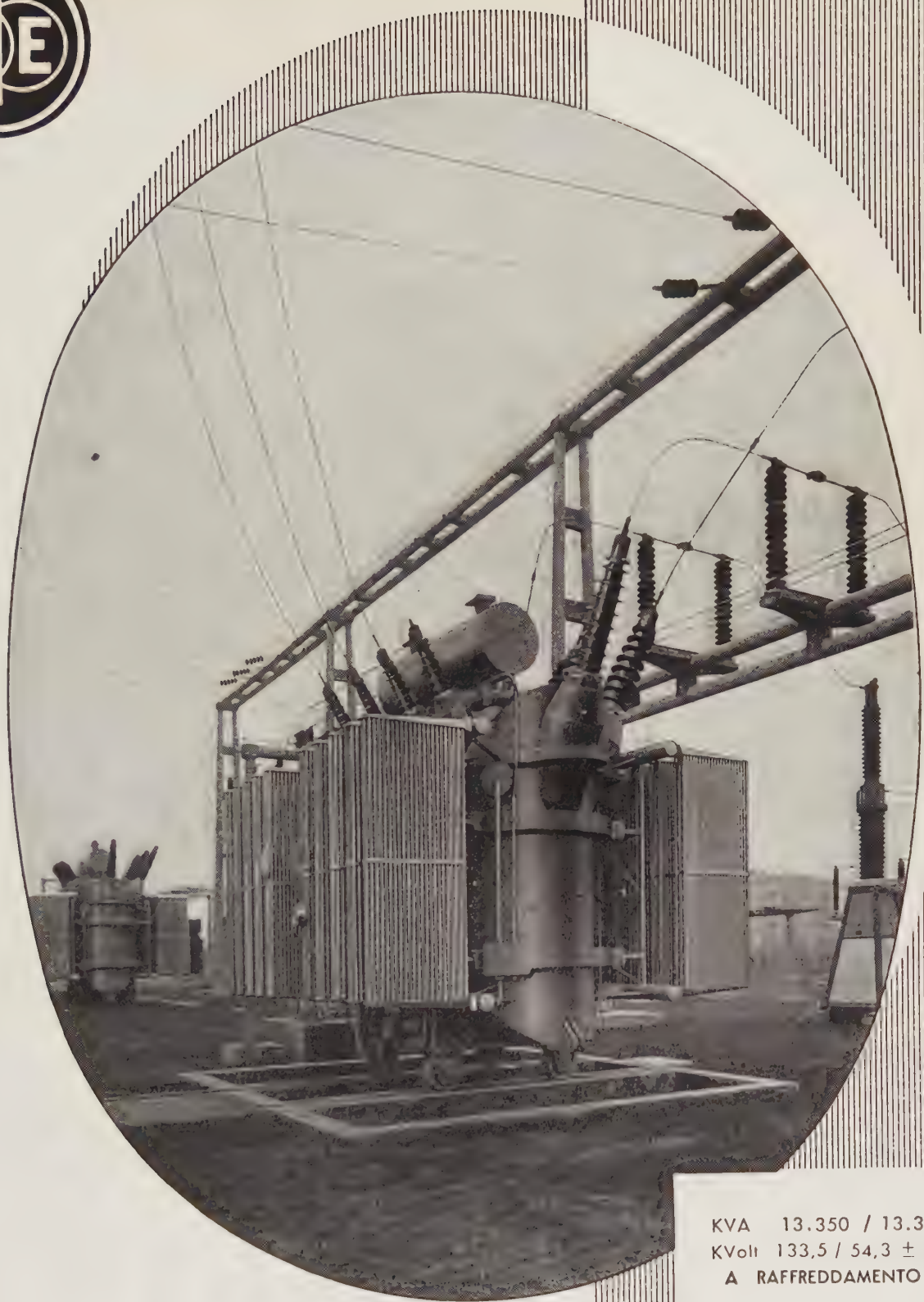
(117)

BATTERIA TUDOR AL PIOMBO COMPOSTA DI 60 ELEMENTI CAPACITÀ 2175 Ah -  
IN CASSE DI EBANITE SPECIALE INSTALLATA PRESSO LA CENTRALE BICOCCA  
DELLA SOC. STIPEL DI MILANONELLE MODERNE  
APPLICAZIONI:

- Per riserva e per equilibrazioni di carico in impianti di luce e forza motrice
- Per impianti di apparecchiature di segnalamento
- Per impianti radiotelegrafici
- Per impianti radiotelefonici
- Per impianti telegrafici
- Per impianti telefonici

**SOCIETÀ EDISON**  
**SEZIONE ACCUMULATORI**  
**MELZO**





KVA 13.350 / 13.350 / 4.000  
KVolt 133,5 / 54,3  $\pm$  2% / 10,33  
A RAFFREDDAMENTO NATURALE

**FFICINE TRASFORMATORI ELETTRICI • BERGAMO**





**A. CROCI e UFFARINELLI**

MILANO - PIAZZA VESUVIO, 6  
TEL. 430.626 - 432.996

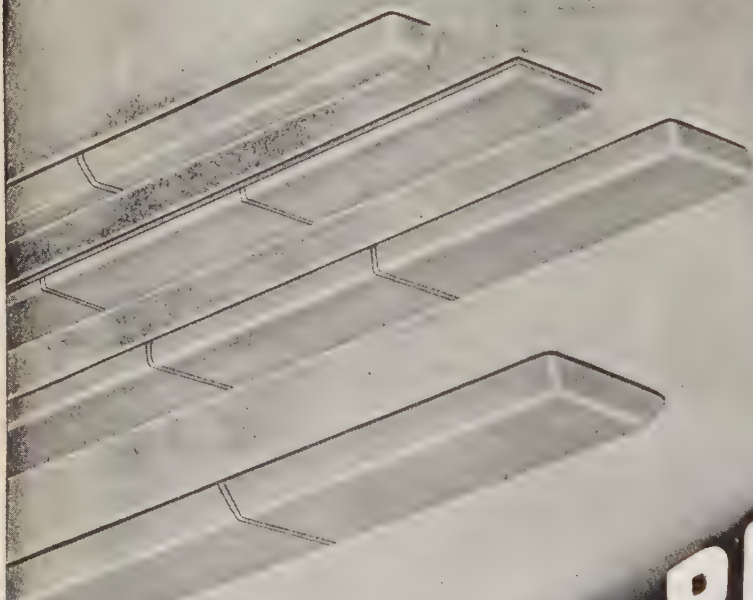
MATERIALE  
ELETTRICO DA  
INSTALLAZIONE  
VALVOLE A  
CARTUCCIA

SERIE  
B - Z  
SINO A  
200 A

*Catalogo*  
**3 B**

(55)

Apparecchi di illuminazione, esecuzione "ANTIPOLVERE", con fissaggio alla montatura per mezzo di levette invisibili forniti dalla casa in elementi singoli o composti a formare canali luminosi



**POLLICE**

S.p.A.

- MILANO -

FABBRICA APPARECCHI PER L'ILLUMINAZIONE RAZIONALE

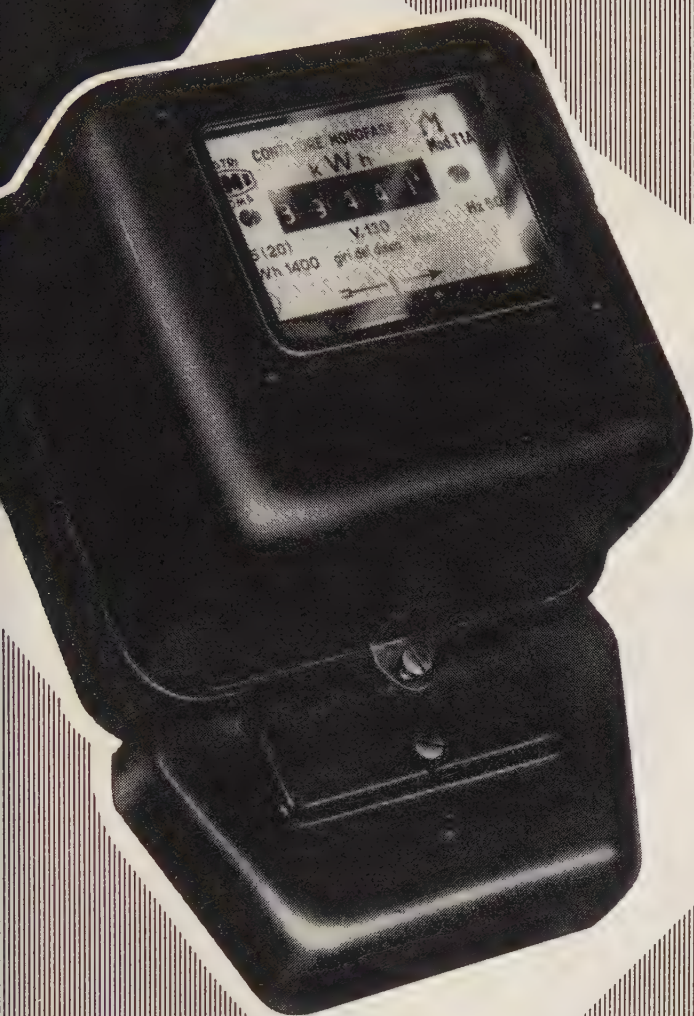
Via Pisino, 12 - Tel. 257.4641 - 257.4642

Telegrammi: POLLICING - Milano

**INTERPELLATECI**  
Per i vostri problemi di  
illuminazione e richie-  
dete le nostre documen-  
tazioni illustrative.

(45)





Contatore monofase ad induzione per corrente alternata.

Caricabile fino al 400% del carico nominale.

Rispondente alle prescrizioni della tabella UNEL 53111.

MOD.  
**T1A**  
UNIFICATO





PRESA DI CORRENTE  
CON  
INTERRUTTORE E VALVOLA

## ING. FRANCIONI & C.

VIA SAVONA 125 - MILANO

TELEFONO - 470008 - 470009 - 474448

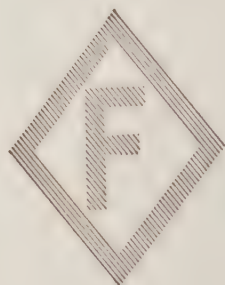
FABBRICA DI APPARECCHI ELETTRICI

(115)

APPARECCHIATURE

PER IMPIANTI ELETTRICI INDUSTRIALI

**RISPONDENTI ALLE  
NUOVE NORME PER  
LA PROTEZIONE  
DEGLI INFORTUNI  
SUL LAVORO**



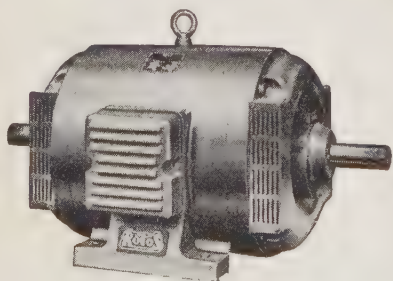
## MOTORI E POMPE

# Rotos

VIALE MONZA 139 - MILANO - TEL.: 287.829 - 287.830

**MOTORI ELETTRICI** NORMALI E SPECIALI  
PER TUTTE LE APPLICAZIONI DA 0,10 A 200 CAV.  
MOTORI CHIUSI REFRIGERATI ESTERNAMENTE.

MOTORI PER ASCENSORI E  
COMANDO FRENI.

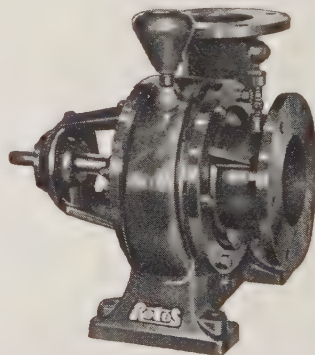


## POMPE CENTRIFUGHE

ORIZZONTALI E VERTICALI

PER TUTTE LE  
APPLICAZIONI

Esclusivista di vendita per l'Italia delle pompe:  
Ditta Ing. SERAFINI - Milano - Via Galvani, 19



(113)

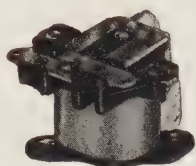


# RELAIS SIGMA RELAIS

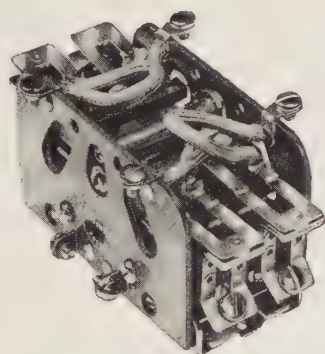
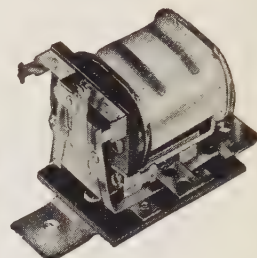
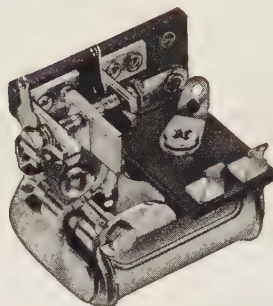
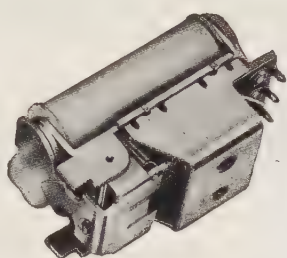
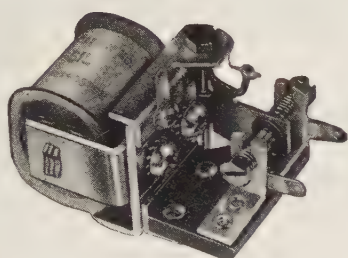
SIGMA INSTRUMENTS, INC. - BOSTON - MASS. - U.S.A.

ESTESO ASSORTIMENTO - VASTISSIMA GAMMA DI VALORI ELETTRICI - MINIME POTENZE (FINO A FRAZIONI DI MILLIWATT) - ESECUZIONE ANTISHOCK - ANTIVIBRAZIONE - MINIME INERZIE (FINO A 500 MANOVRE AL SECONDO) NORMALI PER C.C. & C.A. - POLARIZZATI CON O SENZA POSIZIONE NEUTRA

POLARIZZATI AD AGGANCIO  
MAGNETICO  
A BOBINA SINGOLA O DOPPIA  
DIFFERENZIALI



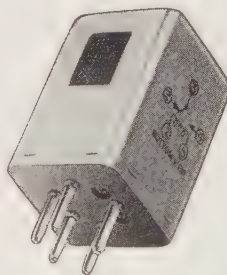
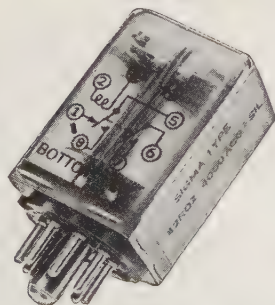
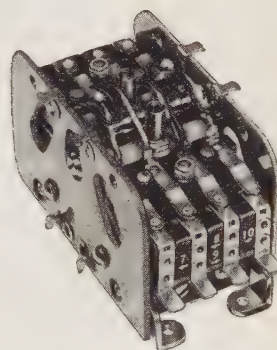
DIVERSI TIPI DI PROTEZIONE  
ESECUZIONI CON INNESTI  
OCTAL E PER SALDATURA  
E IN CHIUSURE ERMETICHE



## RELAIS



AD ELEVATA SENSIBILITA'



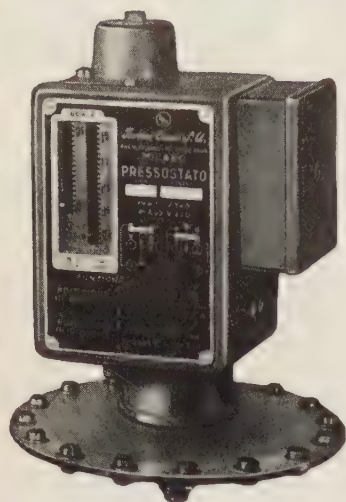
AGENTE ESCLUSIVO PER L'ITALIA

## TERRY FERRARIS & C. S.p.A.

VIA S. MARTINO, 14 - MILANO - TELEFONI 848.39.28 - 830.570

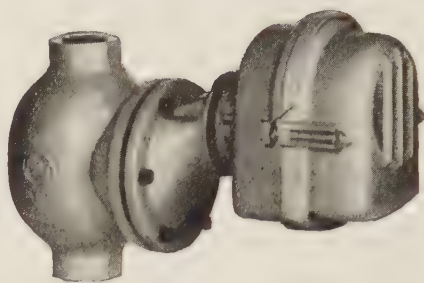
(52)





Vuotostati e pressostati industriali sino a 80 Atm.

(169)



Regolatore di livello per caldaie sino a 16 Atm.



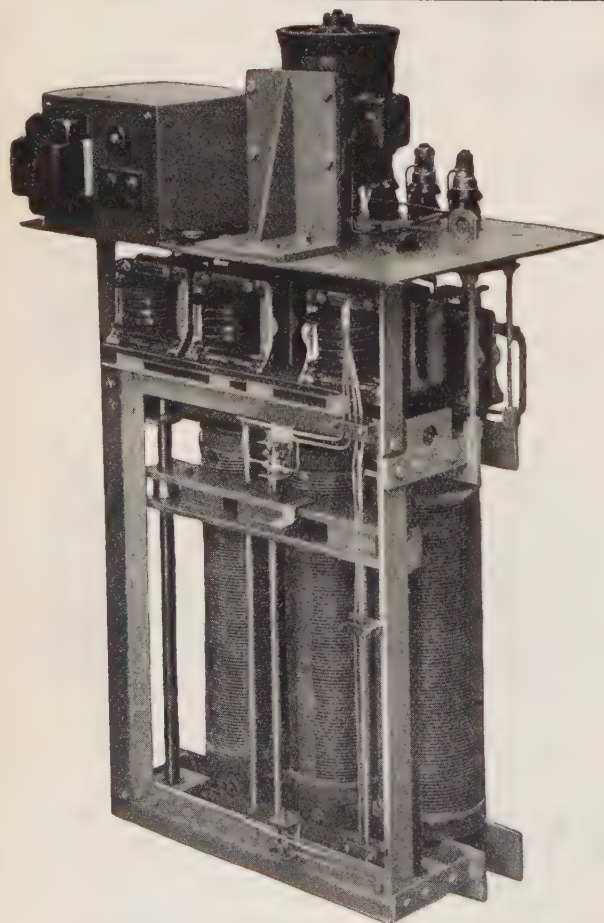
Valvola elettromagnetica mignon

Controlli di livello, pressione, temperatura, umidità - Teleruttori e raggruppamenti di comando in aria e in olio - Valvole elettromagnetiche e motorizzate - Apparecchiature per impianti frigoriferi - Apparecchiature per impianti nafta.

### OFF. PER COSTRUZIONI ELETTROMECCANICHE

Via Mecenate 75 (Taledo) - Telef. 720.095 (ricerca automatica)

*Tantini Cosmi S.p.A.*



# TAMINI & C

## COSTRUZIONI ELETTROMECCANICHE

### MILANO

VIA POPOLI UNITI 11 - AMMINISTRAZ. TELEF. 240.298

UFFICI: OFFICINA TELEF. 287.780 - 280.188

TELEGRAMMI: "TRASFORMATORI MILANO"



TRASFORMATORI DI OGNI TIPO  
E PER OGNI APPLICAZIONE  
SALDATRICI STATICHE A CORRENTE  
ALTERNATA E CONTINUA  
RADDRIZZATORI AL SELENIO  
STABILIZZATORI



(44)

Autotrasformatore trifase in olio a spazzole striscianti 120 kVA - V. 220/120÷220  
Corrente secondaria A. 315 - Tensione secondaria regolata con comando a motore.



# Zellweger USTER

## telecomandi centralizzati "ZELLWEGER",

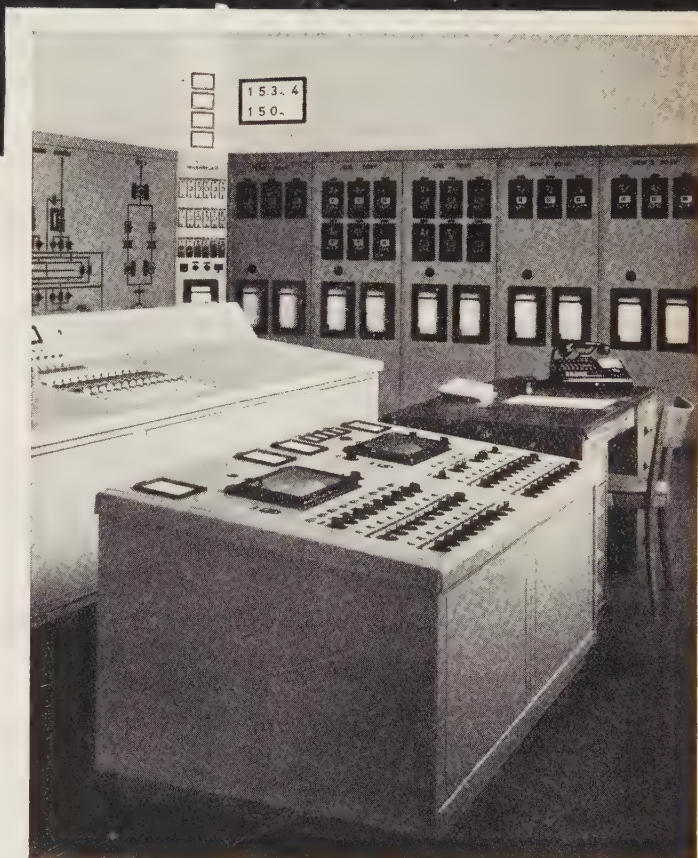
possono essere costruiti per tutte le frequenze di comando comprese fra 175 e 2000 per/sec. Anche per la Vostra rete, la "Zellweger" può scegliere liberamente la frequenza di comando tecnicamente più vantaggiosa e più economica.

Le maggiori e più importanti aziende elettriche hanno scelto il sistema di telecomando Zellweger:

(47)

L'Aja Anversa  
Berlino  
Colonia  
Zurigo  
Salisburgo  
CKW. Lucerna  
VEW. Dortmund  
Brisbane  
Newcastle  
Leopoldville  
Damasco

Ricevitore tipo 22/3 per tre doppi comandi.



Banco di comando per 36 comandi doppi nella sala di comando della Società Elektra Birseck (Rete di Basilea-Sottostazione di Muenchenstein)



Società Industriale Elettrotecnica Italiana Dott. Ing. PAOLO PETERLONGO  
S.I.E.I. MILANO (448) - Via Lomellina, 37 - Tel. 720.871 4 (autom.) e 715.67



# SHAPE AIR DEFENSE TECHNICAL CENTER

There are a number of vacancies for suitably qualified engineers in the Radar and Data-Handling Groups at SADTC. Theoretical and practical experience in one or more of the following fields is required:

## Radar Group

1. Circuit development at intermediate and video frequencies.
2. Threshold signal detection and correlation detection processes. Some experience of simulation studies would be advantageous.
3. Design and development of surface-to-air missile guidance and control electronics, with experience of system assessment.

## Data - Handling Group

1. The logical design of binary digital systems.
2. The application of modern transistors and ferrites to these systems.
3. Large scale programming and the application of digital systems to real time control problems.
4. The design and operation of automatic detection and automatic tracking components of radar systems.
5. Air traffic control.
6. Problems of matching the man to the system, including display techniques, etc.
7. The transmission of digital data on communication networks.
8. Simulation techniques for investigation, training etc.

Applications are invited from university graduates. A degree in Electrical Engineering or Physics would be appropriate to all posts; suitably experienced Mathematics graduates would be considered in certain cases.

Salaries are related to the normal European levels and are supplemented by an expatriation allowance of approximately 65%. Salaries and allowances are not subject to Netherlands Income Tax.

Apply to:

(243)

Shape Air Defense Technical Center P.O. Box 174, The Hague, The Netherlands. att. of Personnel Section

*Dalle prove sulle molle degli orologi ...*

*... alle ricerche sui razzi telecomandati*

## I GENERATORI DI VIBRAZIONI "GOODMANS"

*sono di importanza fondamentale*

*Qualche applicazione tipica:*

PROVE DI FATICA  
PROVE DI COMPONENTI ELETTRONICI  
PROVE DELLA MICROFONICITÀ DI TUBI ELETTRONICI  
PROVE DI TORSIONE  
PROVE DI ELASTICITÀ DELLE MATERIE PLASTICHE  
PROVE DI STRUTTURE MECCANICHE  
RICERCHE NEL CAMPO DEI MOTORI A REAZIONE  
E DEI RAZZI TELECOMANDATI.....  
..... E OVUNQUE VI SIA BISOGNO DI UN CONTROLLO PRECISO ALLE VARIE FREQUENZE ED ESCURSIONI



La figura riproduce il modello 8/600 che sviluppa una spinta di  $\pm 136$  Kg. ed il piccolo modello V/47 che ha una potenza all'uscita di circa  $\pm 900$  gr. e che viene ad esempio usato per le prove sulle molle, cellule fotoelettriche. ecc.

(231)

Rappresentante Generale per l'Italia:

**RICCARDO BEYERLE**

dei F.lli M. & W. Beyerle - MILANO - Via Donizetti, 37  
Telegr.: CONDUIT-Milano - Tel. 70,27,33-79,18,44-79,52,48-79,42,72





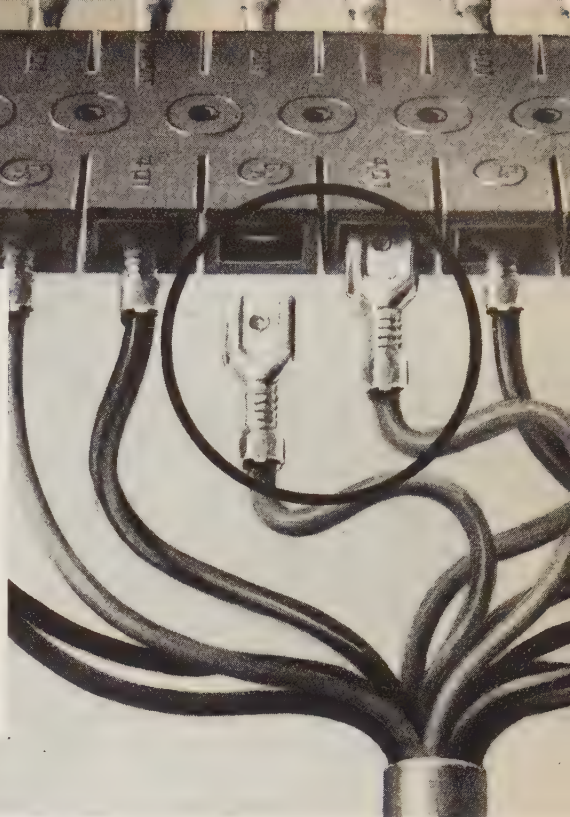
**MORSETTIERA  
ELASTICA**

**MAMUT**

**PIEGHEVOLE - ANTIVIBRANTE  
INFRANGIBILE**

\* BREVETTO ITALIANO

**VITI E MORSETTI  
IMPERDIBILI**



Seguendo i moderni concetti della razionalizzazione industriale abbiamo realizzato le:

## **MORSETTIERE ELASTICHE A CONNESSIONE RAPIDA**

per collegamenti su apparecchiature elettriche nel settore elettrotecnico, elettrauto, ecc.

La forma piatta degli elementi di giunzione assicura, in virtù della elevata elasticità del materiale che li costituisce ed anche dalla particolare forma dei capicorda, un perfetto collegamento ottenendo di conseguenza una eccezionale conduttibilità elettrica e tenuta meccanica con la minima resistenza di passaggio.

La praticità e la semplicità del sistema di connessione sopradescritto determinano notevoli riduzioni dei costi e consentono di assolvere con immediatezza qualsiasi problema tecnico inerente alle connessioni, ottenendo un collegamento stabile ed elettricamente perfetto ed eliminando ogni assistenza ai circuiti elettrici.

**Sistema, procedimento, applicazione e modelli conformi alle norme internazionali.**



SOCIETÀ

**ODOARDO KÖRNER & Co.**

VIA DURINI 27 - MILANO

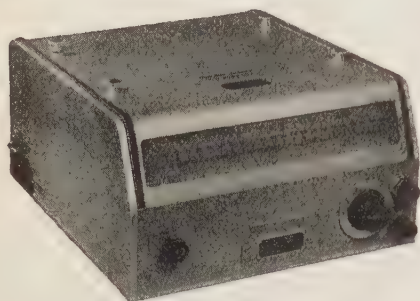
TEL. 78 00 80 - 78 00 81 - 79 82 02



**GALVANOMETRI**

**MILLIVOLMETRI**

**MICROAMPEROMETRI**



"Verispot" da tavolo con scale da 220-300 millimetri.

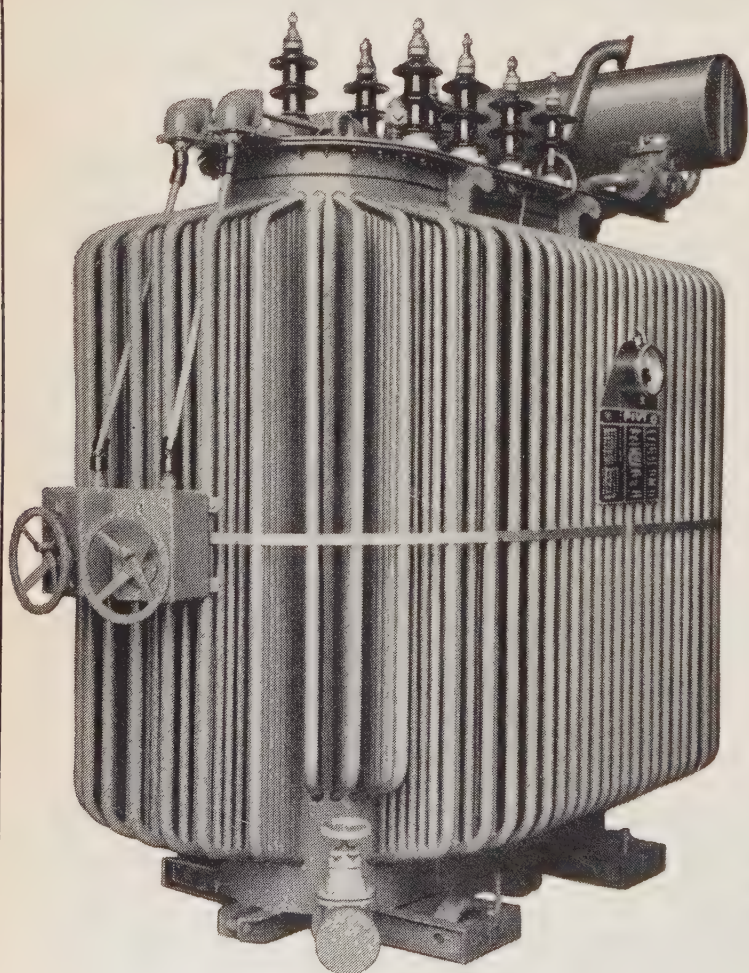
- **Galvanometri** o indice luminoso in esecuzione normale:
  - da tavolo
  - da quadro
  - per l'insegnamento
- **Galvanometri** a indice luminoso con equipaggio immerso "ANTIURTO"
  - da tavolo
  - da quadro
  - da campo
- **Registratori** a fotocellula  
**PHOTODYNE-GRAPHISPOT**

Per informazioni e preventivi rivolgersi a:

**HENRY COE & CLERICI RAMO TECNICO S.p.A.**

**MILANO** - Via Lanzone, 31 - Telefoni 808.548 - 871.358

(177)



**PIVI**

**COSTRUZIONI  
ELETTROMECCANICHE**

**MILANO** VIA PINDARO, 22  
TEL. 2.572.251 - 2.572.252

Telegr.: TRASPIVI

**TRASFORMATORI ELETTRICI**  
PER QUALSIASI APPLICAZIONE INDUSTRIALE

**SALDATRICI  
STATICHE AD ARCO**

Autotrasformatore trifase in olio  
Potenza KVA 6000 - Hz. 50  
Rapporto KV 22 - 23 - 24/14,4 - 14,7 - 15 - 15,3  
Collegamento a  $\Delta$

(11)





250 MVA a 20 KV (Relaz. CESI-GP 53)

250 MVA a 15 KV (Relaz. CESI-GP 52)

200 MVA a 10 KV (Relaz. CESI-GP 41)

Comando a chiusura brusca  
Costruzione robusta  
Manutenzione ridotta  
Installazione agevole  
Meccanismo estremamente semplice  
Sforzo di manovra estremamente ridotto  
Unico organo di controllo sia per l'apertura che per la chiusura.



**Blindolux**  
per circuiti di illuminazione e di alimentazione piccoli utensili monofase o trifase

**Blindosbarra**  
per la distribuzione decentralizzata

**Blindoventilato**  
per la formazione di circuiti di alimentazione e di distribuzione con forti carichi induttivi

**Blindotrolley**  
presa elettrica continua per alimentare gru, paranchi, utensili portatili

**L'impianto elettrico sicuro!**

**P. POGLIANO DEI FRATELLI POGLIANO TORINO - VIA PASO BUOLE 100**

**SISTEMI B D**

linee a elementi rigidi, normali, prefabbricati, per l'impianto elettrico industriale

**PPF**  
el

INTERRUTTORI automatici "salvatore" e di fine corsa, SEZIONATORI e interruttori valvola fino a 800 A. ELETTROCENTRO per impianti illuminazione. MORSETTERIA per impianti elettrici industriali.

(57)

**STEMAG**

*Tutti pezzi isolanti in materiale ceramico per l'Alta Frequenza*

**MOTTOLA**

Agenzia Generale per l'Italia  
P.ta U. Giordano, 2 - MILANO  
Telefono 780.231 (3 linee)





UNIFORMITÀ

SOLIDITÀ

DURATA

La porcellana orientale ha una storia di parecchi millenni. La porcellana forte non è una cosa nuova neppure alla N G K, che già da molto ha preferito il suo eccezionale sviluppo nel campo degli isolatori per alte tensioni avvalendosi di una esperienza di oltre 40 anni. I pezzi metallici convenientemente studiati e una sperimentata tecnica di montaggio cooperano a costituire la solida base sulla quale la N G K ha formato le sue insuperate caratteristiche di uniformità e durata.

Dagli isolatori N G K voi potrete ottenere molto di più.

(125)



**Nippon Gaishi Kaisha**  
LTD.

MIZUHO NAGOYA JAPAN

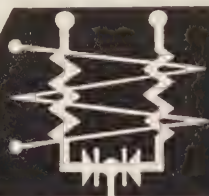
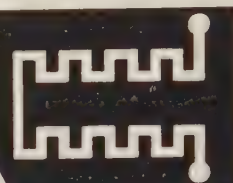
Telegr.: INSULATOR Nagoya. TELEX: NGH-NG9928  
Le nostre agenzie si trovano nelle principali località del mondo.

**NGK**  
*Insulators*



**SELIN****SOCIETÀ PER L'ELETTROTECNICA INDUSTRIALE E NAVALE**

Corso F. M. Perrone, 4 - GENOVA-CORNIGLIANO - Tel. 43.938 - 43.725

**elettronica  
industriale****metadinamo****SERVOMECCANISMI****amplificatori  
magnetici****forni  
elettrici**

Ufficio di Milano: Via Larga, 26 - Tel. 898.755/6

Rappresentante e Licenziataria per l'Italia della:  
**S. E. A. Société d'Electronique et d'Automatisme - Courbevoie (Seine)**

**ELETTROTERMOINDUSTRIA**

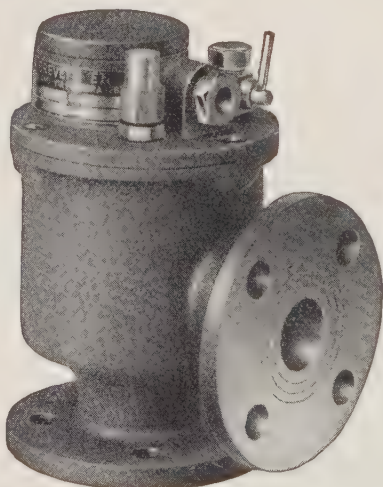
DI ING. ENRICO VIADANA

VIA PORPORA, 126 - MILANO - TELEFONO 23.02.32

**Nuovo RELÈ A GAS (BREVETTATO) da applicarsi direttamente sul coperchio  
 dei trasformatori di piccola potenza**



Tipo RCo



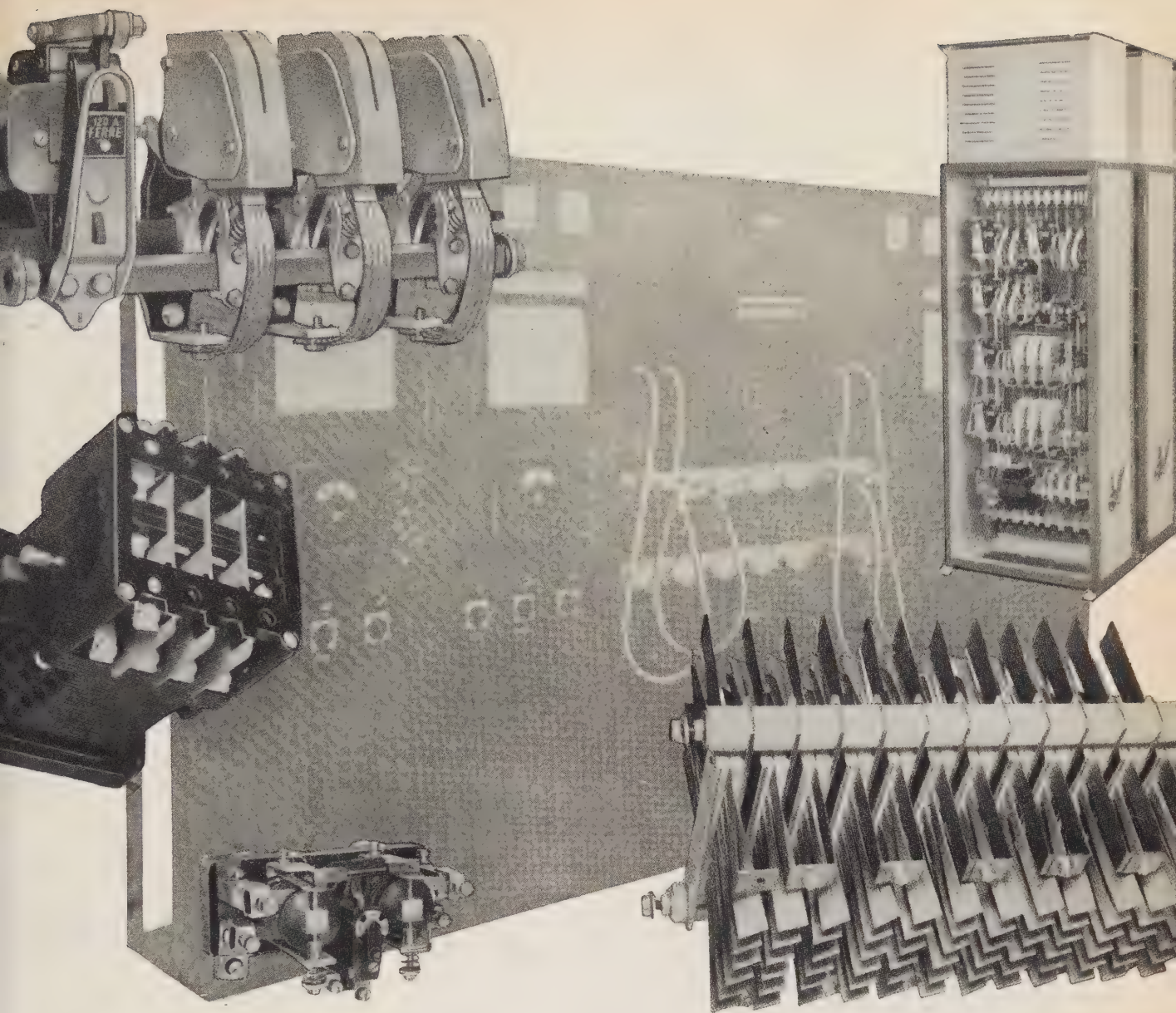
Tipo RNCò

(139)

**ALTRI APPARECCHI DI NOSTRA COSTRUZIONE  
 PER TRASFORMATORI**

- Relè a gas - per applicazioni speciali.
- Relè a gas - tipo CUSTOS normali.
- Relè a gas - tipo CUSTOS - con valvola autom. di ritenuta olio conservat. per trasformatore di Grande Potenza (Brevettato).
- Disposit. comando, ad altezza d'uomo per relè, verifica dei galleggianti e prelievo gas da analizzare.
- Indicatori passaggio olio e acqua (Brevett.).
- Indicatori di livello.
- Essiccatori d'aria - nuova Serie (Brevett.).
- Valvola autom. entrata aria per scarico rapido olio trasformatore.
- Valvole in acciaio a luce libera a perfetta tenuta olio e tenuta di vuoto per radiatori e aerotermi.
- Valvole in acciaio p. relè a gas a perfetta tenuta olio.





## Sezione Apparecchiature

- teleruttori - salvamotori
- avviatori stella - triangolo
- avviatori statorici e rotorici
- equipaggiamenti per macchine utensili
- apparecchiature per gru, ascensori, ecc.

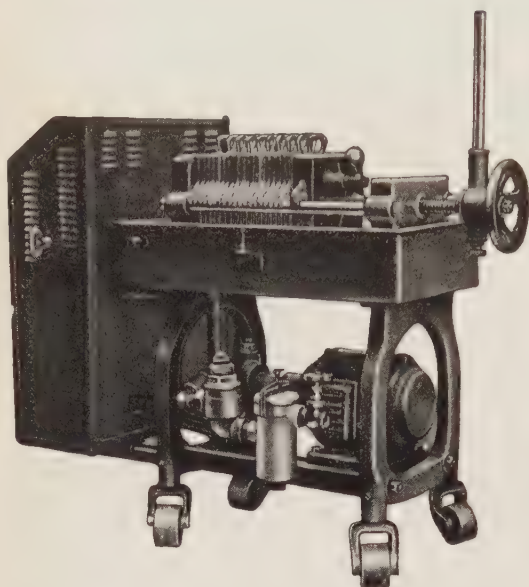
(171)



s.p.a. ing. **F. Ferrè & C.**

Via Morimondo 23 - MILANO - Centralino telef. 479.141



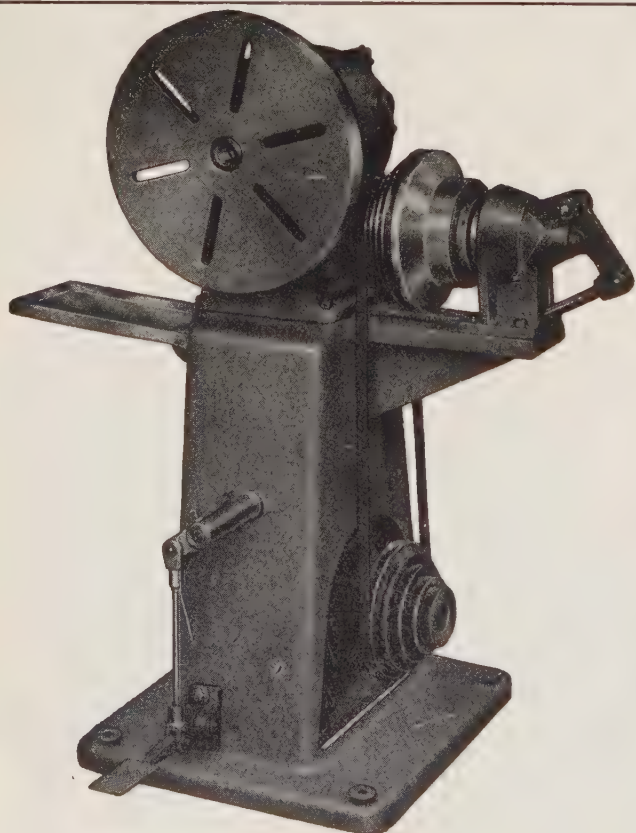
**COSTRUZIONI ELETTROMECCANICHE****Veronesi****BOLOGNA**VIA FRANCO BOLOGNESE, 4  
TELEFONO N. 35.64.10  
Telegr.: VERONEMACCHINE

Filtro pressa per olio isolante trasportabile con riscaldatore ad induzione incorporato. Portate da 10 a 200 l/min.

**Caratteristiche:**

- 1 - Massima robustezza.
- 2 - Pompe silenziose ad ingranaggi interni.
- 3 - Riscaldatore ad induzione brevetto 444761 di sicuro funzionamento anche per tensioni elevate, a 2 gradazioni di calore e regolazione automatica della temperatura.
- 4 - Apparecchiatura di controllo centralizzate con protezioni da mancanza di circolazione d'olio e di minima e massima. (234)

Numerose referenze in Italia e all'estero.



TIPO B 10 A

**ING. R. PARAVICINI**

S. R. L.

MILANO - Via Nerino, 8 - Telef. 80.34.26

**MACCHINE BOBINATRICI PER  
INDUSTRIA ELETTRICA**

**AUTOMATICHE PER AVVOLGIMENTI  
A SPIRE PARALLELE**

**AUTOMATICHE PER AVVOLGIMENTI  
A SPIRE INCROCIATE**

( )

**SEMPLICI PER PICCOLI MEDI  
E GRANDI AVVOLGIMENTI**



# IN VES

**QUATTORDIO**  
(ALESSANDRIA)  
TEL. 79.131 - 79.156 - 79.157



Una sezione del laboratorio ricerche

**DIREZIONE GENERALE - STABILIMENTI QUATTORDIO** (Alessandria)

Telegr.: INVES - FELIZZANO - Staz. Ferroviaria - FELIZZANO

**UFFICIO VENDITE**

**MILANO - PIAZZA REPUBBLICA, 32**  
(Grattacielo di Milano 2° piano Nord)  
Telegr.: INVES Milano - Tel. 639.182 - 639.263 - 650.098

**DEPOSITO DI MILANO**

LARGO TREVES, 2 - Telefono 665.313

Vernici - Smalti e Compounds isolanti  
Vernici sintetiche a forno e all'aria  
per Elettrotecnica

Smalto isolante **FORMVEX**  
all'acetale di Vinile

Resine isolanti  
termoplastiche e termoindurenti

## GIORGIO NEGRI & C.

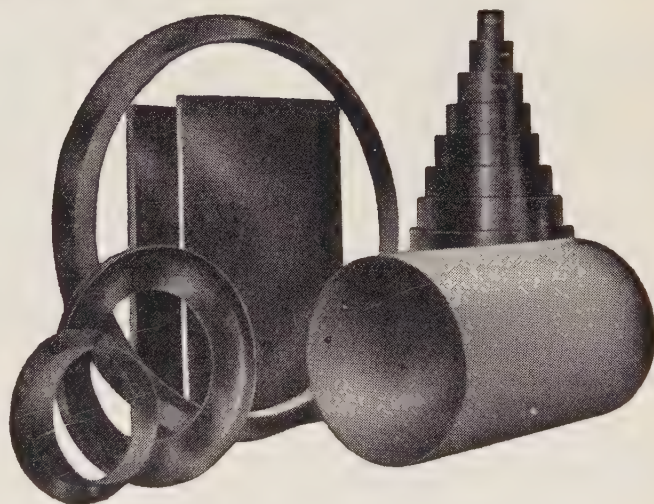
MILANO

UFF. P.zza Repubblica, 32 - Tel. { 639.182  
639.263  
650.098

MAG. Largo C. Treves, 2 - Tel. 665.313  
(Ingresso camionabile: Via S. Marco)  
Telegrammi «ISOLNEGRI»

**ISOLANTI ELETTRICI**  
MATERIALI PER COSTRUZIONI  
ELETTROMECCANICHE

STABILIMENTO PROPRIO A  
CINISELLO  
TELEFONO 0903 - 8005



# INVEX

**QUATTORDIO**  
(ALESSANDRIA)  
TEL. 79.131 - 79.156 - 79.157



Fili Isolati speciali

**DIREZIONE GENERALE - STABILIMENTI QUATTORDIO** (Alessandria)

Telegr.: INVES - FELIZZANO - Staz. Ferroviaria - FELIZZANO

**UFFICIO VENDITE**

**MILANO - PIAZZA REPUBBLICA, 32**  
(Grattacielo di Milano 2° piano Nord)  
Telegr.: INVES Milano - Tel. 639.182 - 639.263 - 650.098

**DEPOSITO DI MILANO**

LARGO TREVES, 2 - Telefono 665.313

(129)

### FILI E PIATTINE

isolate con acetale di Vinile su licenza CGE.

**Brevetti Formvex.**

### FILI E PIATTINE

isolate con Formvex e con vetro a capitolati  
Nema.



# Si trova là ....!

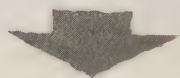


I difetti nei cavi elettrici sotterrati possono essere localizzati con una precisione di mezzo-metro impiegando il rivelatore acustico.

**DAC 6**

**Balleau**

rue de Serbie, LIÈGE (Belgique)



(135)

**DOMANDA**

Agente Generale per l'Italia

*(Corrispondere di preferenza in francese o in inglese.)*



ELETTROMECCANICA

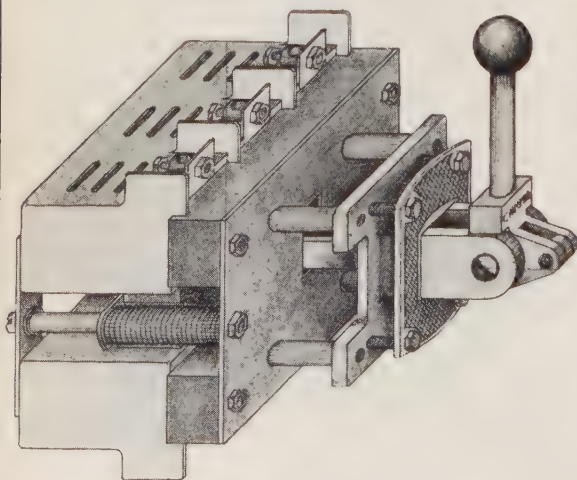
**GIOVANNI ROMANO**

TORINO - Via Ricasoli, 28 - Telefono 80.155

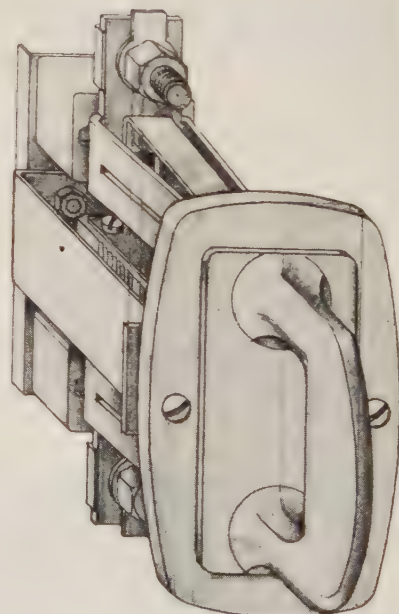
COSTRUZIONE APPARECCHIATURE ELETTRICHE PER IMPIANTI INDUSTRIALI

**IL NUOVO INTERRUTTORE NAI** veramente rispondente alle norme antinfortunistiche - Decr. pres. 27-4-55 n. 547 - per manovra

sottocarico a norme CEI esecuzione per montaggio retroquadro comando rinviato a leva anteriore - DOPPIA INTERRUZIONE portate: 60-100 Amp.



(24)



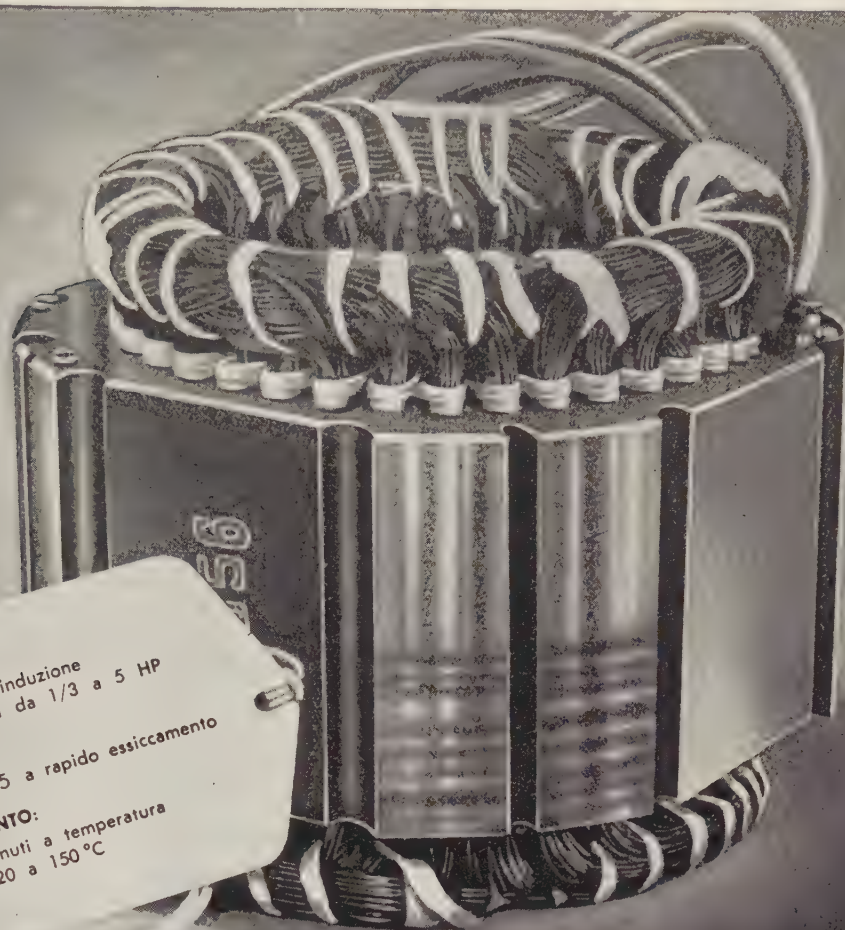
**VALVOLA RETROQUADRO AD ALTA CAPACITÀ DI ROTTURA A.C.R.**

Norme V.D.E. - fusione rapida di corto circuito e lenta con sovraccarico.

Esecuzione: 200-350-600 Amp.



*M. e M. è garanzia di buon isolamento*



**APPLICAZIONE:**  
motori ad induzione  
di potenza da 1/3 a 5 HP

**VERNICE:**  
M. M. 35 a rapido essiccamento

**ESSICCAMENTO:**  
27 minuti a temperatura  
da 120 a 150 °C

## Un problema?

(16z)

L'impregnazione dei motori di piccola e media potenza costituisce sempre una operazione importante quanto delicata. La nuova vernice cementante M.M. 35, a rapido essiccamento e ad alta resistenza termica può aiutarvi a risolvere il vostro problema.

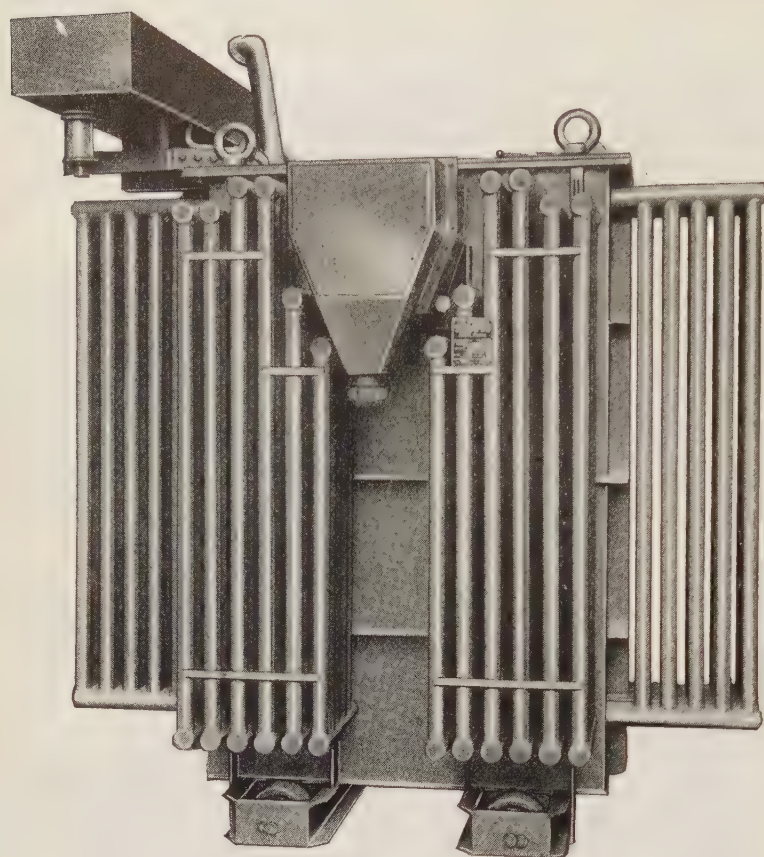
### CARATTERISTICHE PRINCIPALI

- Viscosità: 23"  $\pm$  3 coppa Demmler  $\pm$  1
- Solvente: tipo alifatico
- Percent. solido: 44  $\pm$  3%
- Baumé 30 °C: 29,5  $\pm$  3
- Stabilità: eccellente
- Rigidità dielettrica: 6  $\div$  7 kV/0,1 mm.
- Spessore pellicola: mm 0,09  $\div$  0,1

MONTI e MARTINI S. p. A.  
FABBRICHE RIUNITE MATERIALE DIELETTRICO  
VIA COMELICO 41 - MILANO - Tel. 581.251/2-3-4-5







# SERAFINI

OFF. Elettromecc.  
VERBANIA INTRA

Via Roma 40 - Tel. 42.478

TRASFORMATORI ELETTRICI  
SALDATRICI STATICHE

(187)

1925 - 1960

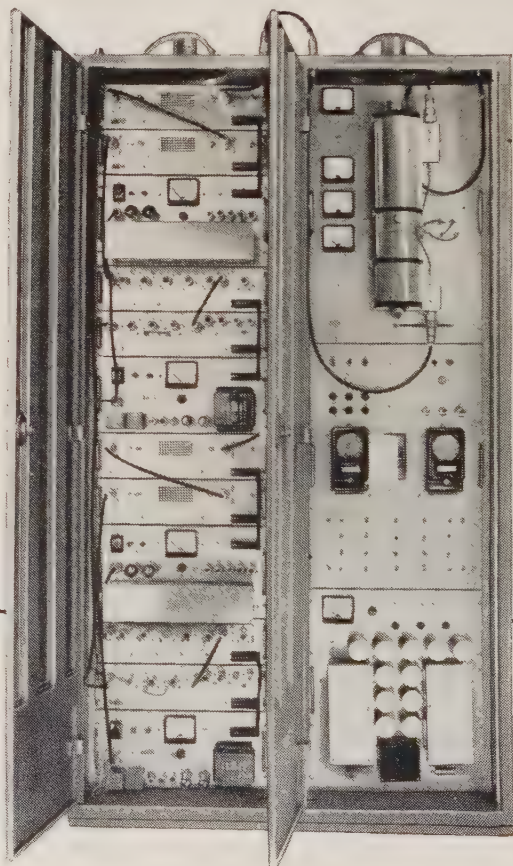
35 Anni di Esperienza

Trasformatore 3 fase KVA 1.600 Hz 50  
V. 20.000  $\pm$  1.000/400 alimentazione in cavo

## MAGNETI MARELLI

FABBRICA ITALIANA MAGNETI MARELLI - MILANO  
Casella Postale 66, Sesto S. Giovanni

RIPETITORE TELEVISIVO TIPO TRV 7  
50 WATT VIDEO - 12,5 WATT AUDIO  
PER LA RITRASMISSIONE DI PROGRAMMI TELEVISIVI  
NELLA GAMMA VHF

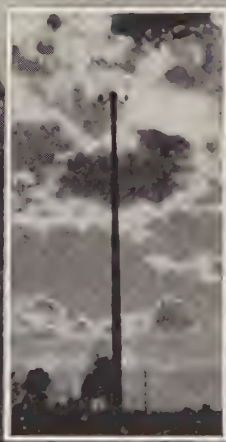




# SCAC HIZZATE

**TELEFONICHE E  
TELEGRAFICHE  
CON SCACCOLI  
E PALI SCAC**

(147)



"S'è detto che nel paesaggio si vanno insinuando nuovi elementi, come questi pali Scac... Essi quasi conferiscono un ordine alla natura, creandovi un ritmo astratto... Ricordate i vecchi sostegni gibbosi e contorti, quegli alberi morti e denudati, che guardavamo nella nostra adolescenza con curiosità? Ora diamo loro un risoluto addio. Un'altra bellezza è in questa nuova schiettezza definita e autoritaria..."

(dalla rivista DOMUS - Milano)

SOC. CEM. ARMATI CENTRIFUGATI



**SCAC  
MILANO  
CORSO ITALIA, 1**



# CEAM

COMPAGNIA ELETTROTECNICA MARCONI

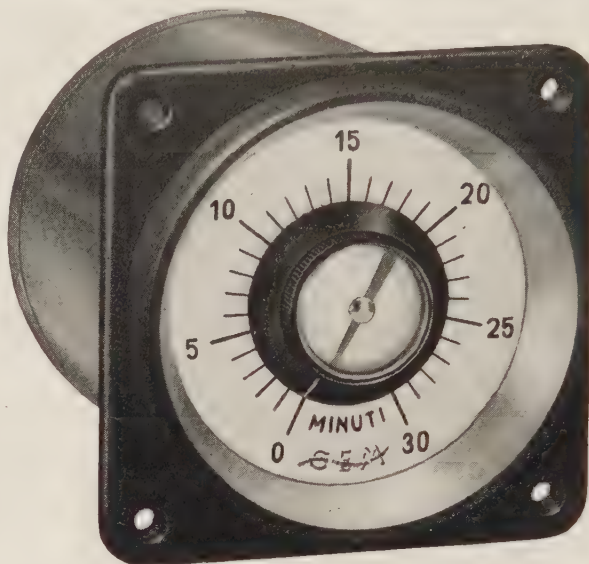
VIA F. CONFALONIERI, 36 - MILANO - TELEFONO N. 60.39.12

(1)

## Tipi normali

- 0 - 30''
- 0 - 60''
- 0 - 90''
- 0 - 180''
- 0 - 6'
- 0 - 15'
- 0 - 30'
- 0 - 60'
- 0 - 90'
- 0 - 180'
- 0 - 6 h.

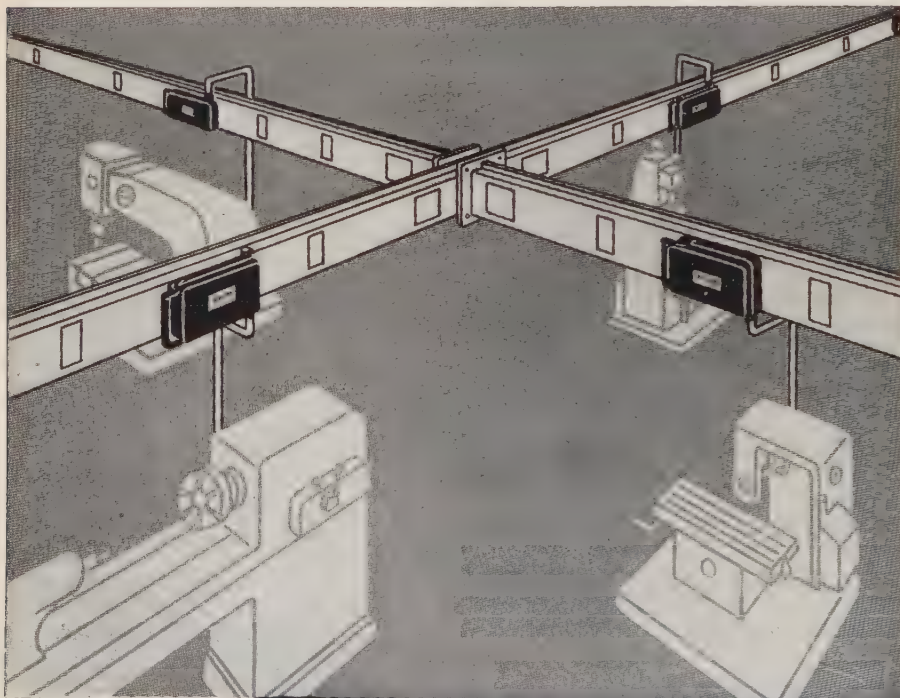
Richiedete il ns. listino S/21



## Temporizzatore TZ

Brevettato

- Senza giunti di trasmissione
- Rotismi epicicloidali
- Ritorno a zero
- Indicatore mobile dei tempi
- Relè incorporato
- Quattro contatti di scambio 5 A
- Chiusura a tenuta di polvere
- Costruzioni speciali a richiesta



Impianti prefabbricati  
di distribuzione  
di energia elettrica  
in

**SBARRE BLINDATE**  
**SBARRE VENTILATE**  
**TROLLEY SBARRE**  
**LUCE SBARRE**

STUDIO TECNICO COMMERCIALE  
Dott. Ing. CARLO ROSANI  
MILANO  
Via Gran Sasso, 10 - Tel. 276131

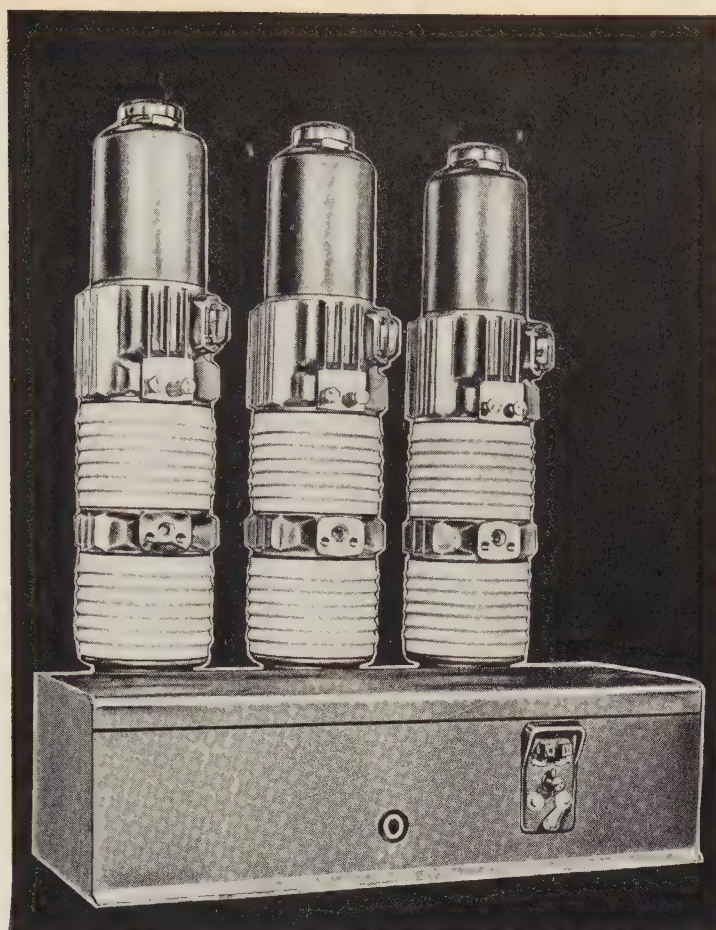
*Fratelli*  
**ZUCCHINI**  
*Brescia*

VIA A. SCHIVARDI 72

TEL. 57517



SCARPA E  
MAGNANO



MANNUCCI-43

1000 MVA  
1000 MVA  
1000 MVA

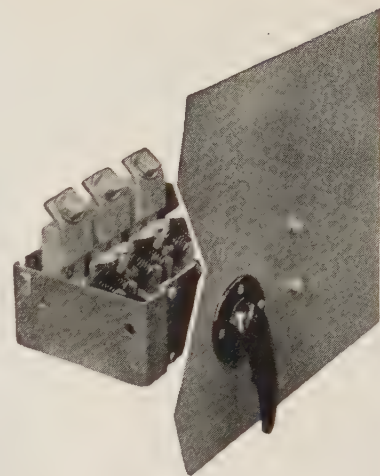
La nuova serie di interruttori MT-S è frutto dell'ulteriore proseguimento di studi e ricerche sui fenomeni relativi all'interruzione dell'arco, che la SCARPA e MAGNANO ha intrapreso da parecchi anni e che già hanno portato alla realizzazione delle serie ML - MM - MT-P

La serie MT-S con capacità di rottura di 1000 MVA è prevista per le tensioni di 10-15-20-30 kV e per le correnti di 1600 e 2000 Amp.



**VANNOSSI** Soc. p. Az.  
MILANO - Via Oglio, 12  
TELEFONI: 56.30.12/13/14 - TELEGRAMMI: INTERRUTTORE

*Sempre all'avanguardia nel campo delle costruzioni elettrotecniche presenta la:*



(25)

### Nuova serie di interruttori per bassa tensione



DT : adatto per servizi normali.

DTH: adatto per lavoro pesantissimo, tensioni elevate, fattori di potenza bassi, corrente continua.

**Portate 100 - 150 - 250 - 400 - 600 A.**

nelle seguenti esecuzioni normali:

- tipi per montaggio retroquadro
- in cofano protetto di lamiera stampata
- in cofano di lamiera con valvole ad alto potere di interruzione

**Caratteristiche :** a norme antinfortunistiche vigenti, apertura e chiusura a scatto rapido, isolamento dei contatti in steatite. Inoltre nei tipi DTH: caminetti e deflettori rompiarco.

## LA RICERCA SCIENTIFICA

RIVISTA DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

### Consiglio Direttivo della Rivista:

Prof. FRANCESCO GIORDANI, *Presidente* — Prof. CARLO ARNAUDI — Prof. ANGELO BIANCHI — Prof. LUIGI CALIFANO  
Prof. GIULIO DE MARCHI — Prof. ELIGIO PERUCCA — Prof. ANTONIO SIGNORINI — Dott. FRANCO ROLLA  
Dott. ANTONIO MORELLI, *Direttore responsabile* — Dott. Ing. ALBINO GUIDOBONI, *Redattore capo*

Pubblica memorie originali con speciale riguardo all'attività di ricerca scientifica promossa e finanziata dal CNR. Relazioni di missioni scientifiche, borse di studio, congressi. Lettere alla Direzione di scienziati e ricercatori che comunicano i risultati dei loro lavori. Notizie varie di natura scientifica e tecnica.

La rivista, alla quale collaborano scienziati e tecnici di ogni disciplina, consente ai lettori di seguire il movimento scientifico nazionale ed estero, sia con articoli originali di argomento specializzato, sia attraverso sguardi riassuntivi e notizie varie. Molti dei più significativi risultati raggiunti dalla scienza italiana negli ultimi anni sono stati resi noti la prima volta sulle sue pagine.

*Per gli abbonamenti e le inserzioni pubblicitarie rivolgersi alla*

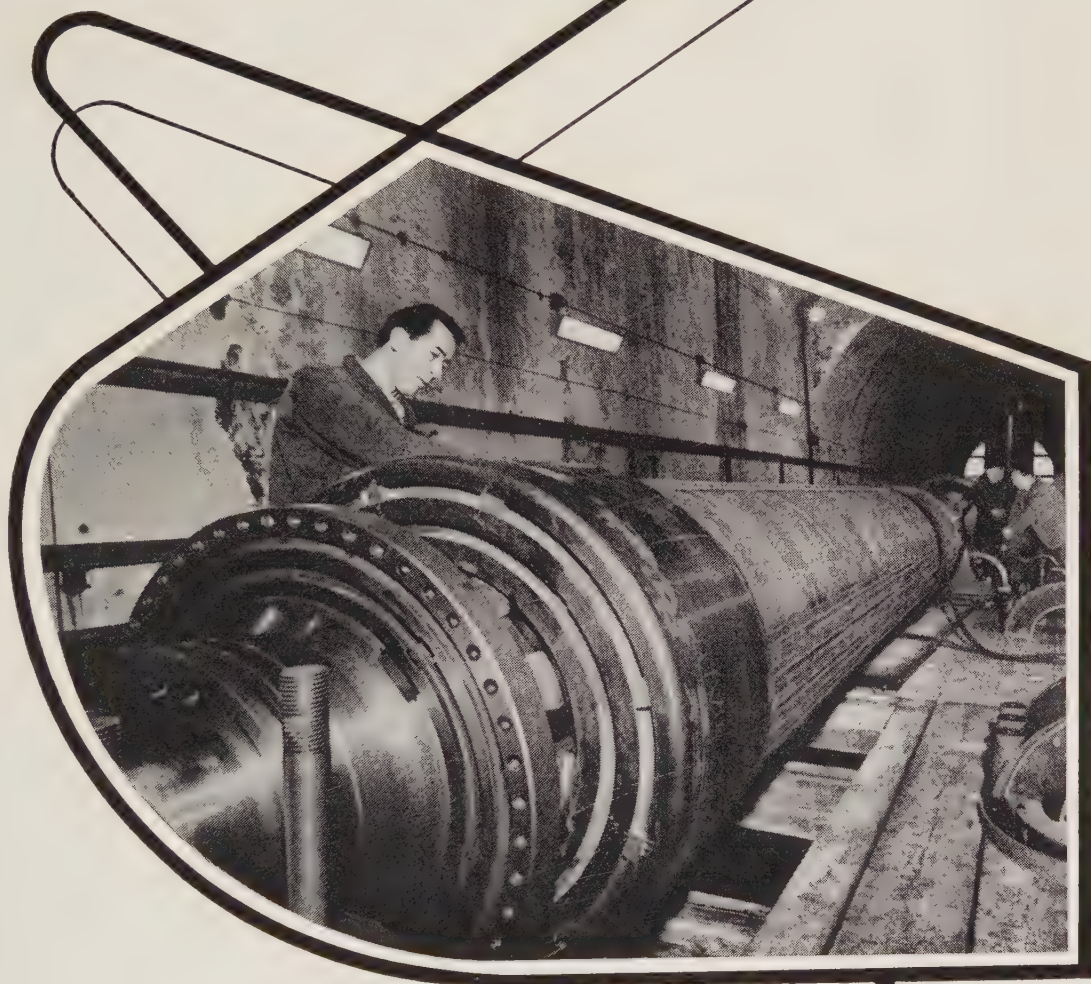
S. P. E. R. A.

Roma - Via Tacito, 10 - Telef. 38.31.47

DIREZIONE ED AMMINISTRAZIONE: ROMA - PIAZZALE DELLE SCIENZE, 7  
CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



## MACCHINE ELETTRICHE E IDRAULICHE



Rotore del Turboalternatore con raffreddamento ad idrogeno da 170.000 kVA - 3000 giri min. - per la Centrale Termoelettrica Napoli Levante della Società Meridionale di Elettricità, durante le prove in galleria di centrifugazione.

**ANSALDO-SAN GIORGIO**  
GENOVA

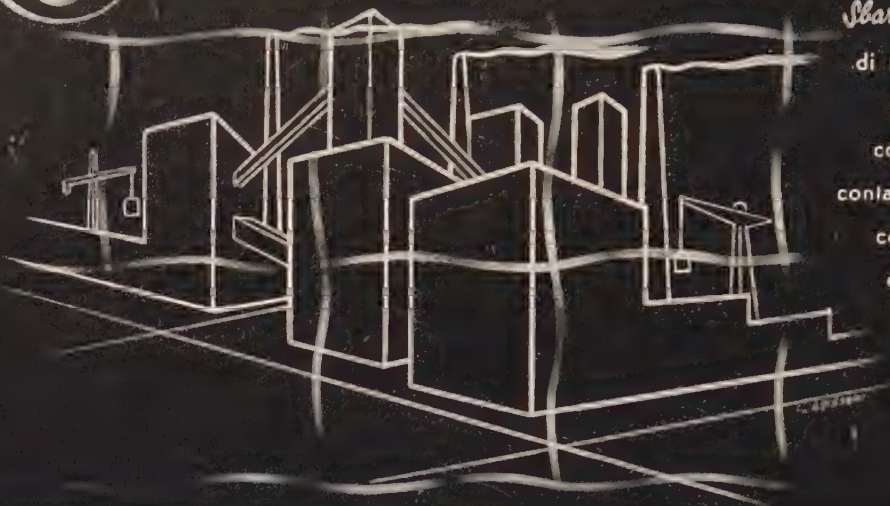


# Cellule Fotoelettriche



## Controlli automatici:

di livelli  
di pressioni  
di pesature  
di circolazione liquidi  
di indici di strumenti  
ecc. ecc.



## Barraamenti:

di sicurezza  
antifurto  
contapezzi  
contamanovre  
contacolpi  
ecc. ecc.

# Soc.It.Comm.Dott.Ing. V. FERRARIS

VIA AMPÈRE N. 99 - MILANO - TELEFONO 240.858 - 238.926

# IRTA

Industrie

Relais

Teleruttori

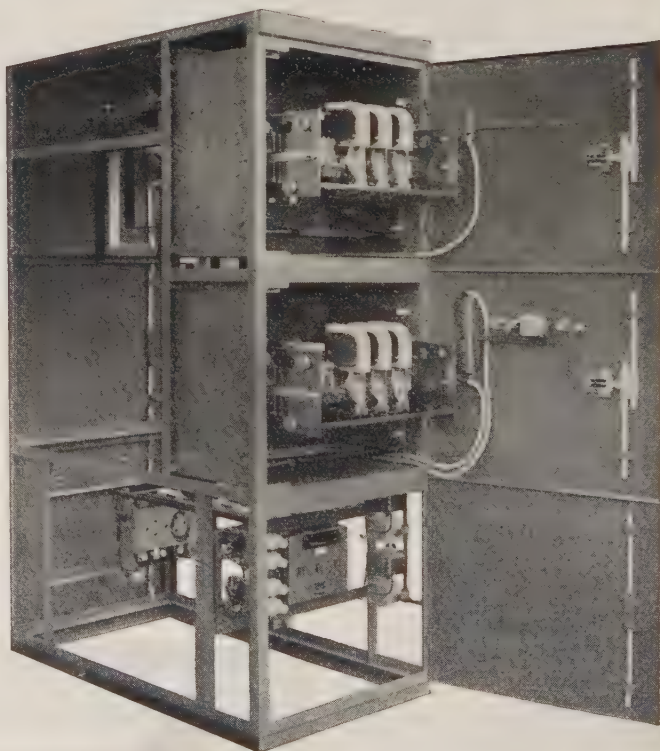
Apparecchiature



MILANO - Via Salaino, 7

Casella Postale 3782

Telef. 43.90.51-2-3-4 (con ricerca autom.)



(221)





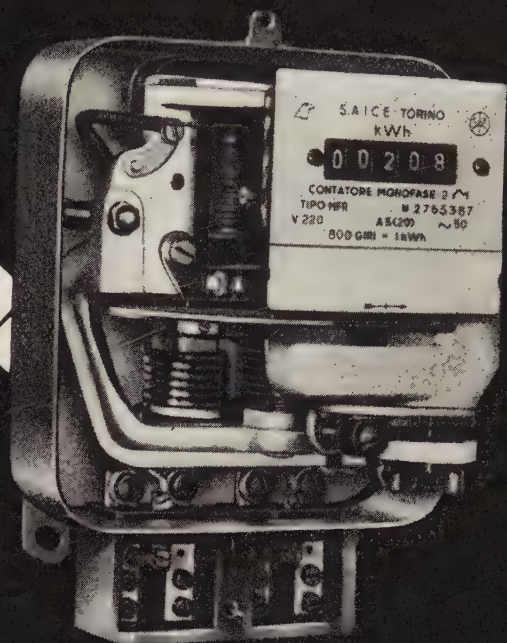
# CONTATORE MONOFASE

CARICABILE AL 300%

## MF

CARICABILE AL 400%

## MFR



### STRUMENTI ELETTRICI DI MISURA



- Elettromagnetici
- A magneti permanente
- Frequenzimetri
- Trasformatori di misura
- Voltmetri a scala ampliata
- Autoregolatori a fototransistori  
per corrente, tensione, temperatura

# S.A.I.C.E.

## TORINO

Via Rossini 25 - Tel. 81.221 - 81.222 - 82724





**TEMPRAL  
BORAL**

ISOLATORI A CAPPAA PERNO  
IN VETRO TEMPERATO

ISOLATORI IN VETRO

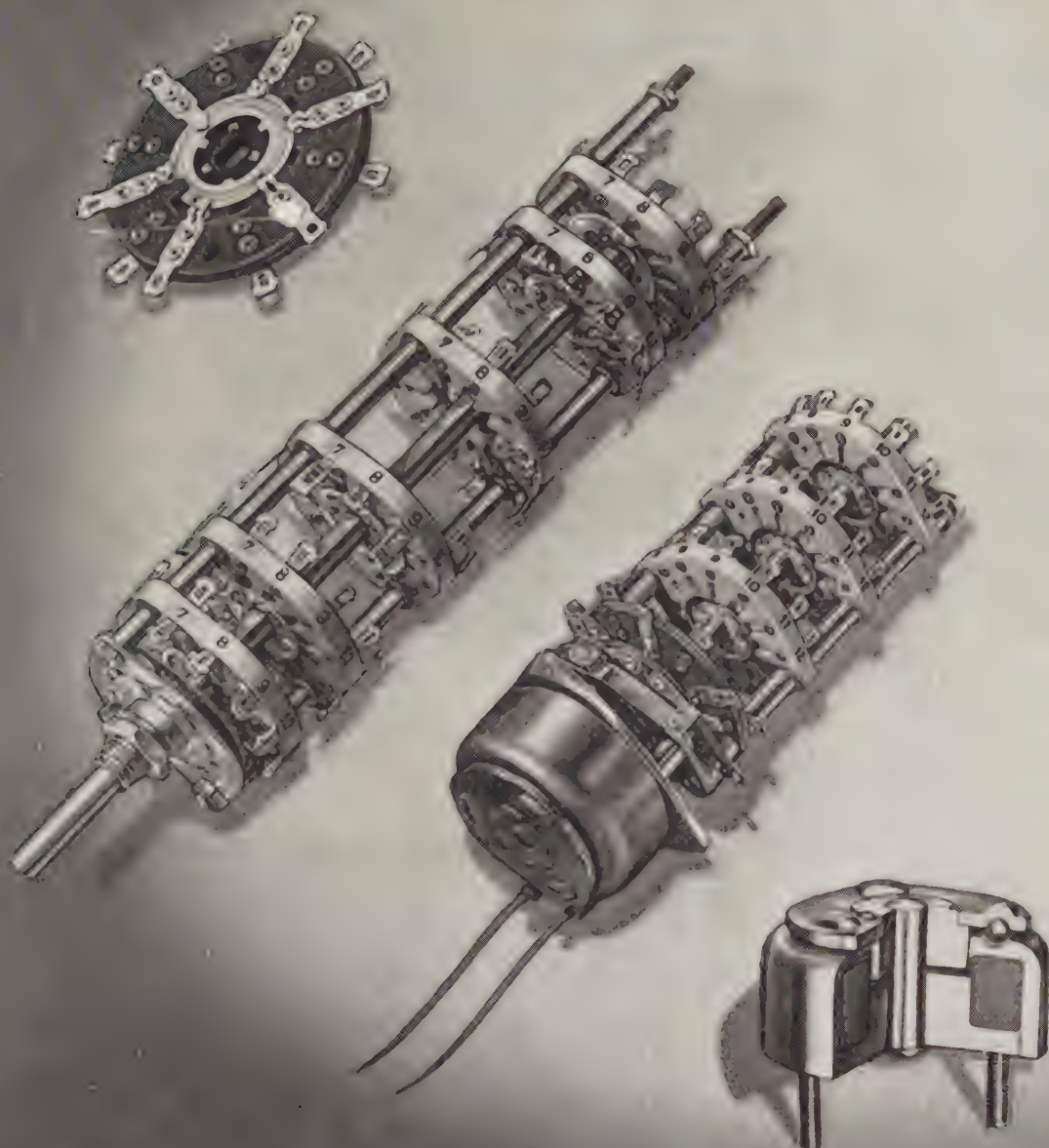
- APPARECCHI PER ILLUMINAZIONE
- DIFFUSORI PER VETROCEMENTO
- VETRI TECNICI
- VETRI SPECIALI

**FIDENZA S.A. VETRARI**

DIREZIONE GENERALE: MILANO - VIA BORRONEI, 1/B/4 - TELEFONI 807.139 - 8



# COMMUTATORI MULTIPLI SOLENOIDI ROTATIVI RELÉ ROTATIVI



# FEME

S.p.A. - A. BASILI - FEME

AMMINISTRAZIONE

STABILIMENTO

MILANO

LAINATE

VIA A. FIGINO, 16

VIA MANZONI, 14

TEL. 390.021/22 - 365.775/76

TELEF. 77.15 - 77.17 - RHO





# CANTIERI RIUNITI DELL'ADRIATICO TRIESTE

CANTIERE NAVALE MONFALCONE



## *Stabilimenti:*

### A TRIESTE

- Cantiere Navale S. Marco
- Officine Ponti e Gru
- Fabbrica Macch. S. Andrea
- Gas Compressi

### A MONFALCONE

- Cantiere Nav. Monfalcone
- Officine Elettromeccaniche

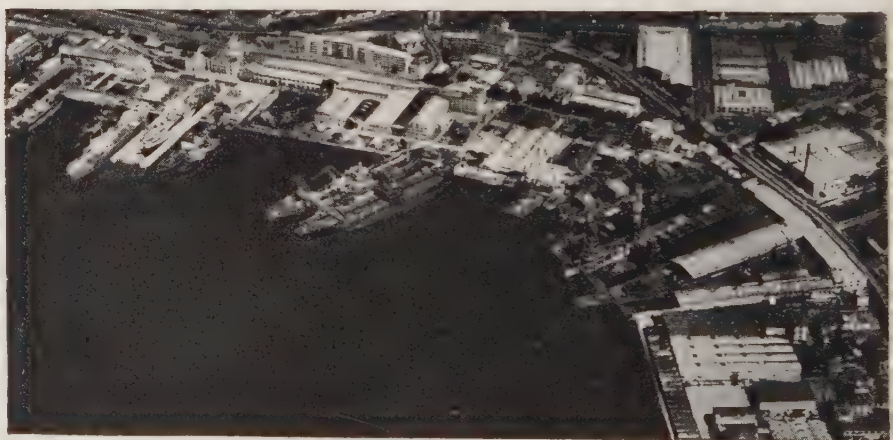
### A VENEZIA

- Cantieri Navali e Officine Mecc. di Venezia S.p.A.
- Società per Azioni Veneziana Esercizio Bacini

## *Produzione:*

- Navi mercantili e militari di qualunque tipo e tonnellaggio
- Rimorchiatori, navi fluviali e laquali, draghe, escavatrici e pontoni-gru
- Imbarcazioni di salvataggio e da diporto in acciaio, lega leggera e in resine poliesteri
- Trasformazione e riparazione di navi
- Carenatura di navi di qualunque tonnellaggio
- Motori Diesel marini e terrestri su licenza Fiat e Sulzer fino alle massime potenze (24.000 CV)
- Turbine a vapore marine e terrestri fino alle massime potenze su licenze Allis Chalmers, Rateau, De Laval (USA) e Parsons
- Caldaie marine e terrestri su licenza Babcock & Wilcox e Foster Wheeler
- Macchine elettriche per qualsiasi applicazione industriale e navale di ogni tipo e potenza
- Apparecchi di sollevamento e di trasporto per impianti industriali e per attrezzature portuali
- Gru per imbarcazioni di salvataggio
- Carpenteria metallica
- Produzione di ossigeno ed acetilene

CANTIERE NAVALE S. MARCO



FABBRICA  
MACCHINE  
S. ANDREA







Tipo MK 15 Ampere  
in cassetta

## TELERUTTORI IN ARIA **Laur. Knudsen**

SERIE **MK** ED **LA**

IN **7** GRANDEZZE  
DIVERSE !

Serie MK: 15 - 25 - 60 - 100 ampere

Serie LA: 200 - 350 - 600 ampere

- Completa accessibilità frontale
- Contatti in argento-lega
- Bobina sostituibile con grande facilità
- Contatti ausiliari abbinabili
- Caminetti in materiale anti-arco
- Relai di protezione bimetallici
- Elevatissimo potere di rottura
- Esecuzioni a giorno o in cassetta



Tipo MK 25

Tipo MK 100



Ed inoltre:

### **TELEINVERTITORI**

con interblocco meccanico ed elettrico

(46)

### **TELEAVVIATORI FINO A 6000 ampere**

**RICHIEDETECI LISTINI ED ILLUSTRAZIONI!**

# CEMA

TORINO - Via Rubiana, 52 - Telefono 380.782 - 380.783

Milano - Zeta Tre - Via Moncalvo, 80 - Telefono 430.211

Genova - FICEME - Via B. Castello, 3 Telefono 582124

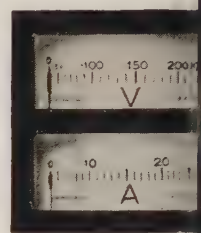
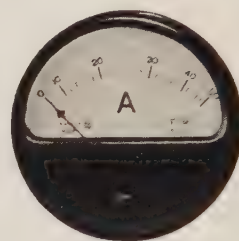




## PERFETTA PRECISIONE MASSIMO RENDIMENTO

### Strumenti elettrici di misura:

per quadri  
per ponti radio  
per automatismi  
per locomotori  
per laboratori



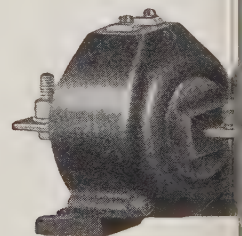
### Contatori:

sporgenti  
incassati



### Trasformatori di misura:

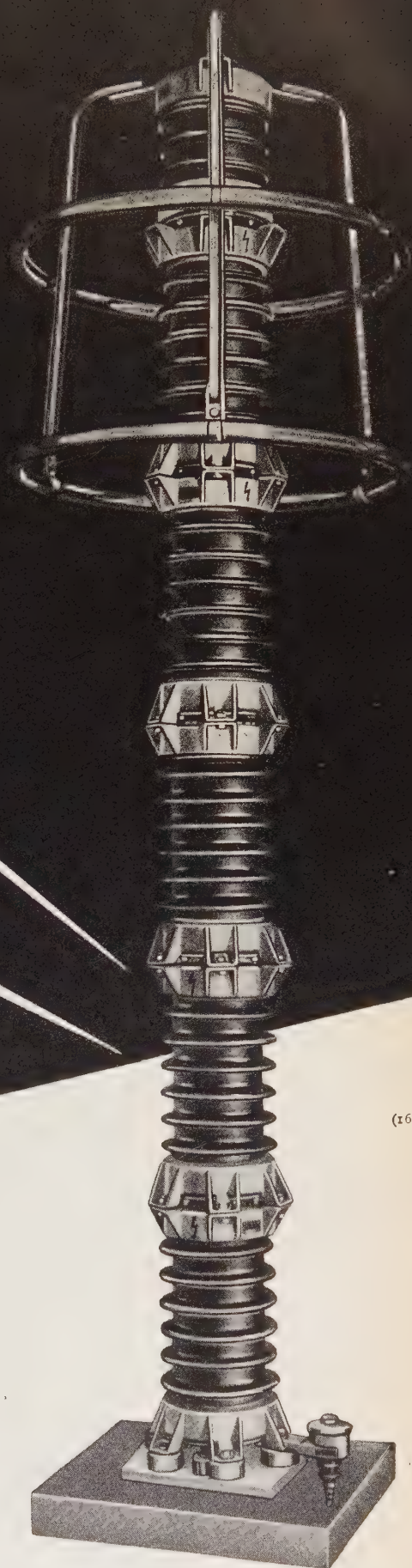
per bassa tensione  
in olio per alta tensione  
in araldit per alta tensione  
in miscela per alta tensione



# S.I.P.I.E.

POZZI & TROVERO S.p.A. - Milano Via San Rocco 5 - tel. 542217 - 542971 - 5





(165

# **AEG**

**SCARICATORI DI SOVRATENSIONE**

**COMAR**

**S. p. A.**

**MILANO - VIA G. B. PIRELLI, 27 - Telefoni: 652.351/2/3/4/5**



**NG1**

Firenze Via Carlo Bini, 44 Telefono 413.645

**Voltmetri**

**Amperometri**



**OFFICINE  
GALILEO**

- a bobina mobile per c.c.
- a bobina mobile con raddrizzatore o termocoppia, per c.a. a media ed alta frequenza
- a ferro mobile per c.a. per frequenza industriale

**Strumenti N G 1**

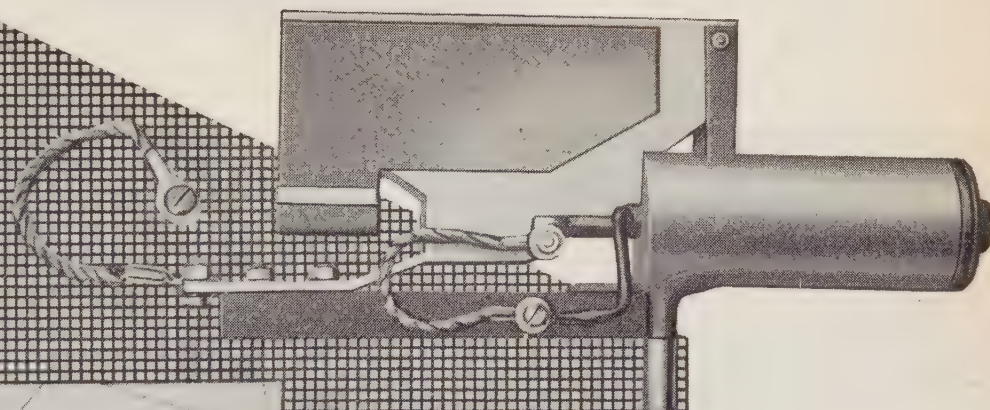
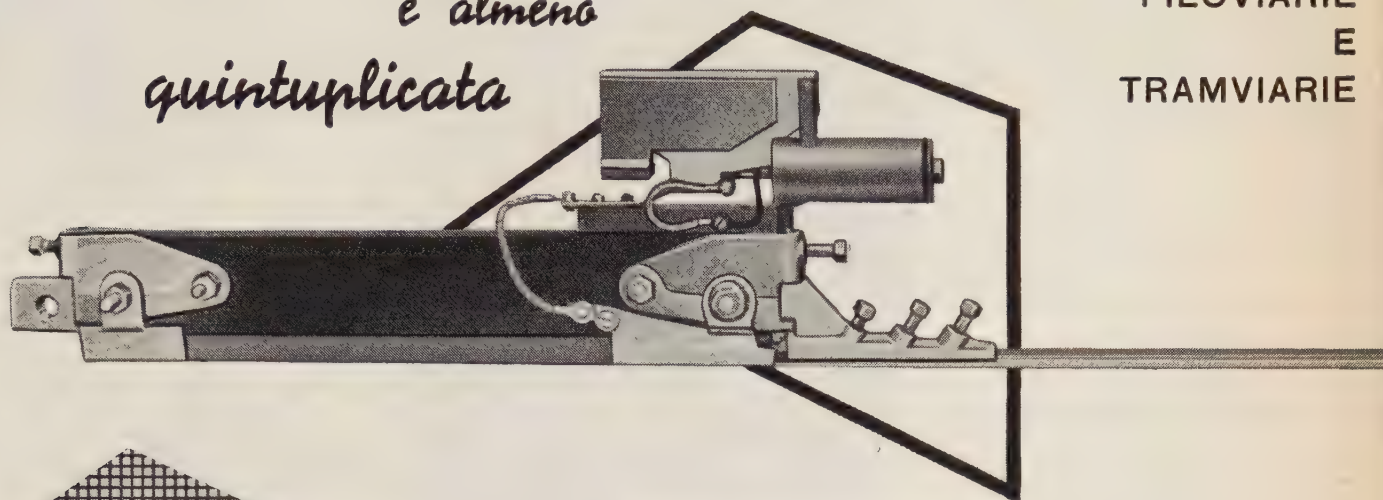


# SPEGNIARCO PER SEZIONATORI

CARIBONI

*applicando questo spegniarco  
la durata dei sezionatori  
è almeno  
quintuplicata*

PER  
LINEE  
DI  
CONTATTO  
FILOVIARIE  
E  
TRAMVIARIE



(27)



- Spegne l'arco voltaico in apposito caminetto a salvaguardia della parte isolante

- È di semplicissima applicazione e può essere montato sui sezionatori già in opera

- Riduce i costi di esercizio

## CARIBONI





(I 4C)



**STABILIMENTI ELETTROTECNICI DI BARLASSINO**

MILANO - VIA SAVONA 97 - TELEFONI 470.054 - 470.39

# STRUMENTI ELETTRONICI

## OSCILLOGRAFO TIPO OC 341

Tubo R. C.  $\varnothing$  75 mm.

Bande Passante da 0 ÷ 4 MHz

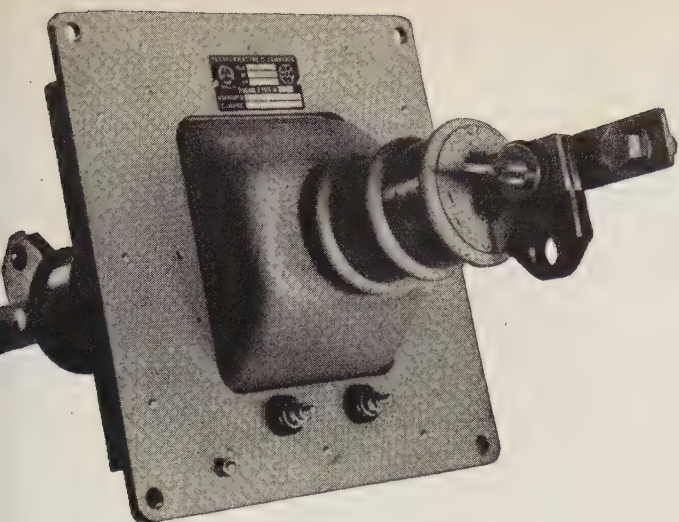
Tempo di Scansione da 1 s/div. a 0,2 per  $\mu$ s/div.

Sensibilità verticale 10 mV/div.

## ALTRI APPARECCHI

- Generatori B. F.
- Distorsimetri
- Millivolmetri elettronici
- Registratori di Aereo
- Amplificatori d'impulso
- ecc. ecc.





**La nuova tecnica di costruzione dei trasformatori di misura con isolamento a secco in resina da colare**

# Araldit®

**offre molteplici vantaggi:**

**Assenza dell'olio**

**Eliminazione del pericolo d'incendio**

**Ingombro ridotto**

**Possibilità d'installazione in qualsiasi posizione**

**Maggior resistenza agli sforzi elettrodinamici di corto circuito**

**Sostituzione dell'isolatore in porcellana con Araldit e quindi minor rischio di rotture accidentali.**

**Come materiale isolante e come massa di riempimento l'Araldit è utilizzato con successo in tutte le costruzioni che interessano l'industria elettrotecnica.**

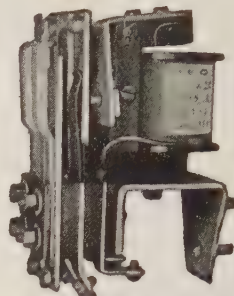
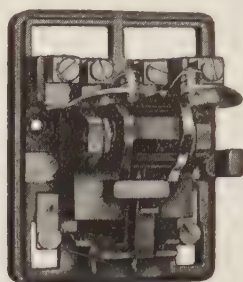
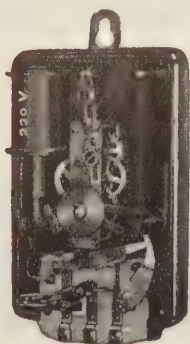


**CIBA Industria Chimica S.p.A. Milano**

C I B A

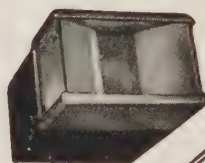
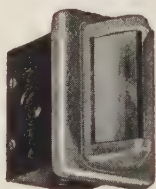
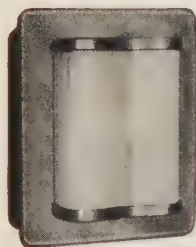


## RELAIS



Uffici e deposito: MILANO via De Amicis 61 - Tel. 8480193

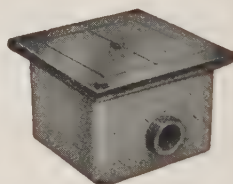
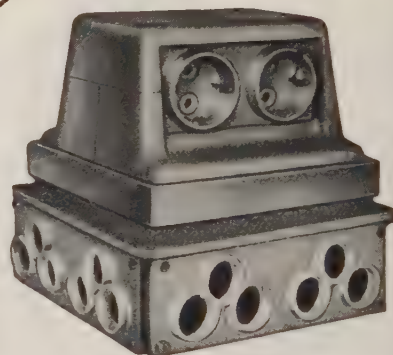
## SEGNALI LUMINOSI



ALBERGHI  
OSPEDALI  
UFFICI

**OFFICINA ELETTROTECNICA COMENSE**  
Sede stabilimento: COMO MONTE OLIMPINO Tel. 20250-Teleg. RELAI-Como

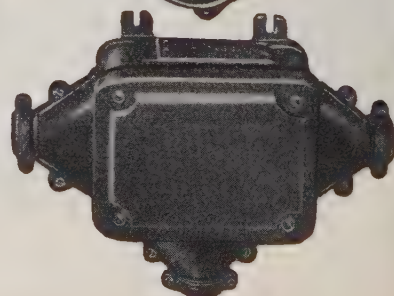
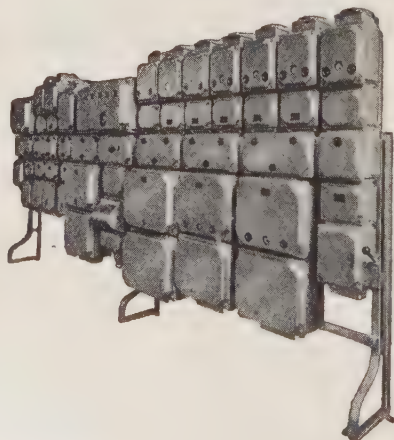
LUCE  
FORZA  
TELEFONI  
SEGNALAZIONI



## PRESE UNIVERSALI A PAVIMENTO

Uffici e deposito: ROMA via del Corso 509 - Tel. 65901

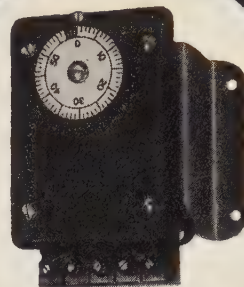
## MATERIALE STAGNO





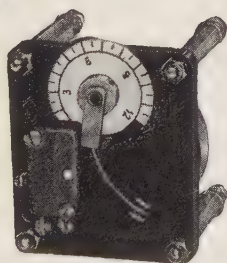
**Haydon** electric timing devices

**TIME DELAY TIMERS**

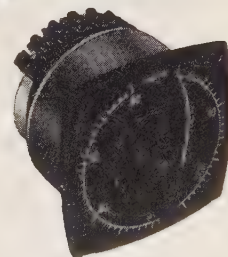


serie 5901

**RITARDATORI**



serie 6000



serie 5910

**Bigatti**

**elettromeccanica**

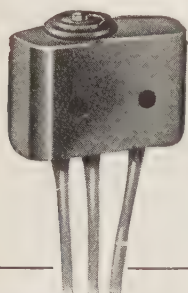


## Microinterruttori Honeywell



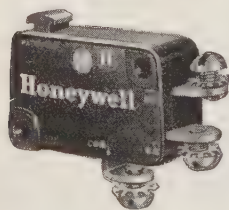
**Mod. 11SM1-T.** *Dimensioni:* mm.  $20 \times 12 \times 6$ . Vita meccanica: 1 milione di scatti. Portata dei contatti: 5 A, 250 V c.a. con carico resistivo; 3 A, 30 V c.c. con carico induttivo.

Il piccolo ingombro, la leggerezza e la sicurezza di funzionamento, rendono questo interruttore Sub Miniatura idoneo per qualsiasi apparecchiatura elettrica di precisione.



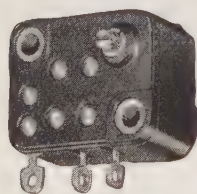
**Mod. 1SE1** *Sub Miniatura a tenuta ermetica.* Portata dei contatti: 5 A, 250 V c.a. con carico resistivo; 3 A, 30 V c.c. con carico induttivo.

Questo interruttore, protetto da resina epossidica, resiste a qualsiasi condizione ambiente.



**Mod. V3-601** *Dimensioni:* mm.  $28 \times 22 \times 10$ . Vita meccanica: 10 milioni di scatti. Portata dei contatti: 10 A, 250 V c.a.; 3 A, 30 V c.c.

Questo microinterruttore viene impiegato ovunque sia richiesto un interruttore piccolissimo con forte portata elettrica e con ottima resistenza alle vibrazioni.



**Mod. V4-14** *Minima coppia di azionamento:* 10 gr/cm. Portata dei contatti: 5 A, 250 V c.a.

Questi interruttori sono impiegati principalmente nei distributori automatici a gettone, negli apparecchi segnalatori di passaggio di fluidi, nelle macchine tessili per segnalare la rottura dei fili, ecc.

(150)

Per maggiori informazioni sugli apparecchi Honeywell richiedete, a mezzo dell'apposito tagliando, il catalogo illustrativo N. 100

**CARLO GAVAZZI S.p.A.**  
Via Ciardi, 9 - Milano



Cat. N. 100

# Honeywell



DA 75

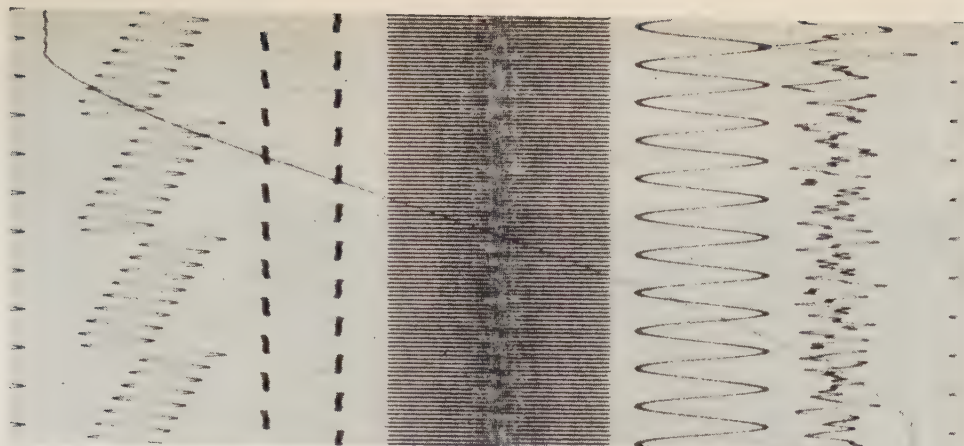
ANNI PRECURSORI DELLE TECNICHE FUTURE

Nome .....

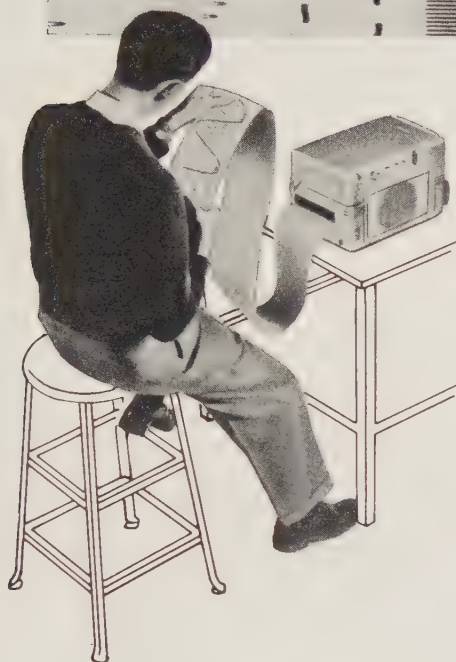
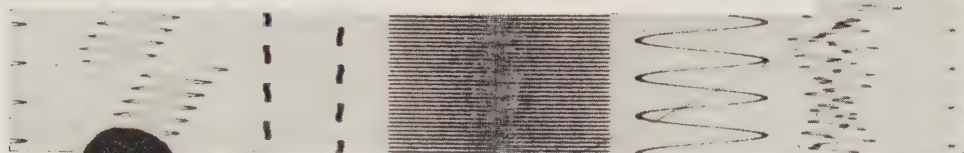
Società .....

Indirizzo .....





# registrazione a lettura immediata



Il Visicorder è il primo oscillografo a registrazione diretta per alte frequenze, ad alta sensibilità; infatti le registrazioni avvengono per processo fotografico su carta sensibile a sviluppo istantaneo. Nel campo della missilistica e delle ricerche nucleari il Visicorder apre nuove possibilità ai tecnici dei laboratori, per la ricerca e la manipolazione dei dati. Nell'industria, oltre a fornire interessanti dati nella ricerca applicata alla produzione, offre ai reparti di collaudo la documentazione immediata delle prove in corso.

(156)

- *Strumentazione Civile*
- *Strumentazione Industriale*
- *Microinterruttori di precisione*
- *Calcolatori numerici e strumenti di precisione per controllo di aerei e missili*

Per maggiori informazioni sugli apparecchi Honeywell richiedete, a mezzo dell'apposito tagliando, il catalogo illustrativo N. 101

**CARLO GAVAZZI** S. p. A.  
Via Ciardi, 9 - Milano



Cat. N. 101

# Honeywell



DA **75**

ANNI PRECURSORI DELLE TECNICHE FUTURE

Nome \_\_\_\_\_

Società \_\_\_\_\_

Indirizzo \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



# SAE

SOC. ANONIMA ELETTRIFICAZIONE S.p.A.

VIA GUSTAVO FARA, 26 - **MILANO** - TEL. 6235 (10 linee)



**RHODESIA - ELETTRDOTTO 330 kV KARIBA-KITWE (ATTRaversAMENTO ZAMBESI)**  
Strutture metalliche progettate e fornite dalla SAE S.p.A. - Montaggio effettuato dalla Rhodesian Power Lines (Pvt.) Ltd. - Salisbury.

**PROGETTAZIONE E PRODUZIONE DI CARPENTERIE METALLICHE ZINCATE A FUOCO O VERNICIATE PER:**

- Pali a traliccio per elettrodotti.
- Coperture e strutture complete per capannoni, magazzini, costruzioni civili e industriali di ogni tipo, hangars, ponti, torri radio e radar.
- Attrezzature ed apparecchiature per elettrodotti e linee di contatto.

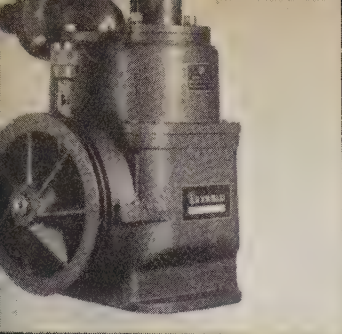
**ESECUZIONE DI:**

- Elettrodotti a bassa, alta ed altissima tensione.
- Impianti di elettrificazione ferroviaria e filotranviaria, comprese le linee di contatto.
- Sottostazioni elettriche di trasformazione.
- Saldatura di rotaie sulle linee ferroviarie.
- Montaggio di strutture metalliche (pali, coperture, ecc.).

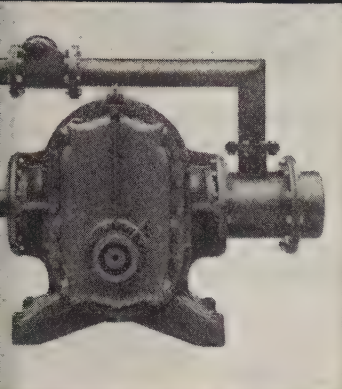
(167)

stazione permanente di prova pali per elettrodotti e per altre strutture metalliche





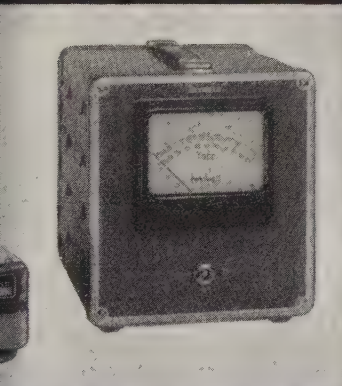
Pompa a zavorra d'aria S 25



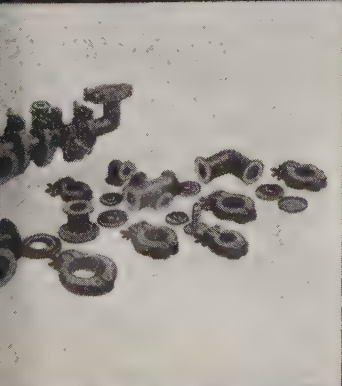
Pompa Roots Ruvac 35



Pompa a diffusione ad olio DO-501



Vacuometro Penning II



Legamenti a piccola flangia

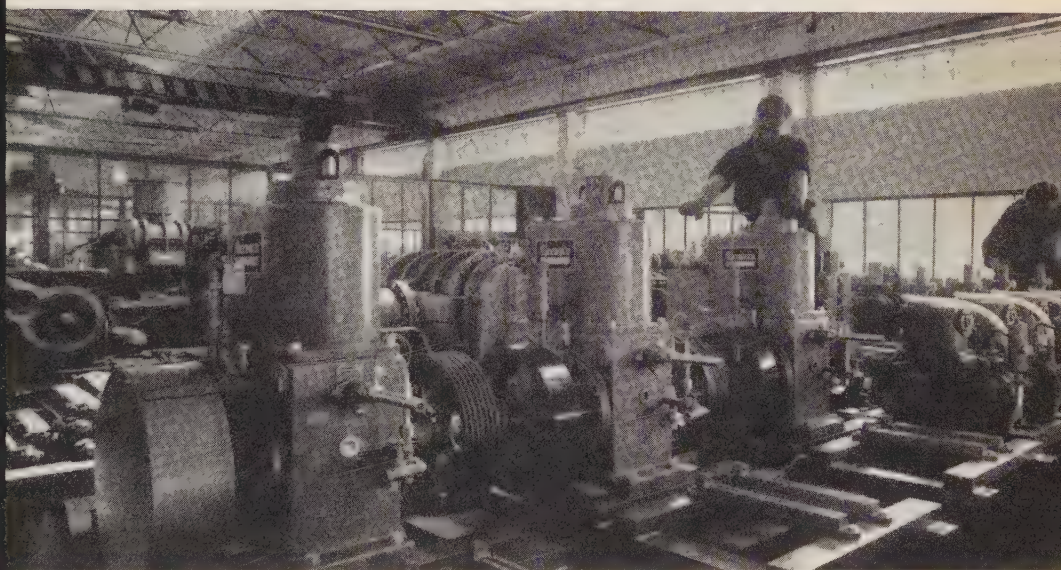
## ***Dalla pressione atmosferica al vuoto più spinto . . .***

In tutte le zone del vuoto si dispone da molti decenni, per ogni campo d'applicazione, della più vasta esperienza della Casa Leybold, i cui tecnici perfezionano sempre più i modelli già affermati, mentre i ricercatori sviluppano nei laboratori modelli nuovi e metodi sempre aggiornati.

Del programma perciò vasto e completo della nostra produzione queste fotografie raffigurano qualche singolo aspetto, illustrando pompe, strumenti e particolari che da noi troverete sempre nella concezione più adatta, nell'esecuzione più idonea e nella combinazione più indicata.

Ciò sarà sempre più determinante per l'impiego del vuoto, giacchè la sua tecnica ha un'importanza sempre crescente sia nei laboratori, sia nell'industria. A quest'evoluzione devono corrispondere apparecchi più perfetti con prestazioni più elevate.

In tutto ciò la Casa Leybold sarà sempre all'avanguardia, perchè essa studia e realizza in anticipo quello che Voi le chiederete.



Montaggio di pompe

# **LEYBOLD**

E. LEYBOLD'S NACHFOLGER - KÖLN (GERMANIA)

Rappresentata in Italia da:

**CHIMA**  
SOCIETÀ PER AZIONI

SESTO S. GIOVANNI - Via Fiume, 23 - Telefoni 247.55.19 - 247.55.29

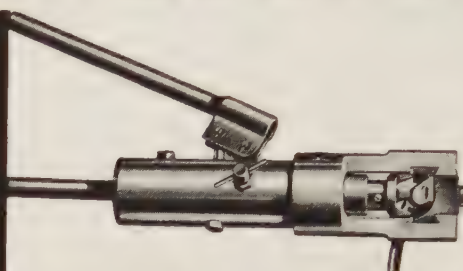


## La MECANOSER S.A. di Parigi presenta la sua produzione di pinze, presse e capicorda per connessioni elettriche senza saldatura

- \* **INTERPELLATECI** per le presse mod. 10/12 tonn. e 20/25 tonn. con capacità di aggraffatura fino a 300 e 500 mmq.
- \* **RICHIEDETECI** i cataloghi dei capicorda di collegamento studiati appositamente in funzione degli attrezzi MECANOSER

### PRESSA «HYSERCO»

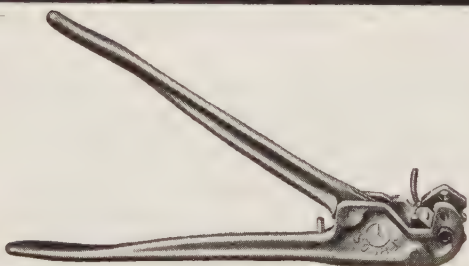
Monoblocco portatile ad alta pressione adatta per aggraffatura a mezzo punzoni su cavi in rame. Forza di lavoro 7 tonnellate. Capacità su cavi flessibili da 20 a 300 mmq. di sezione. Su cavi rigidi da 20 a 185 mmq. Viene fornita completa di 12 matrici e tre punzoni.



Studio Gatti-Bergo

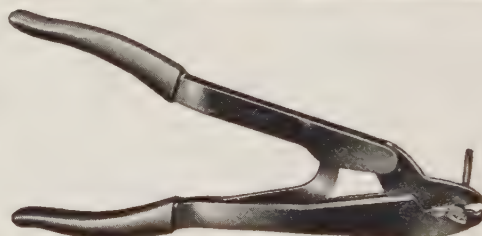
### PINZA A LEVA «SERCOS 2»

A galletto ruotante adatta per aggraffatura a punzone su cavi in rame. Forza di lavoro Kg. 1.800. Capacità su cavi flessibili da 10 a 50 mmq. di sezione e da 10 a 40 mmq. su cavi rigidi.



### PINZA «SERCOFIL»

Costruita interamente in acciaio e particolarmente adatta per la forma, dove lo spazio a disposizione è limitato (cofani-quadri di distribuzione). Forza di lavoro Kg. 1.200. Capacità su cavi o fili da 1 a 8 mmq. di sezione. Uno speciale dispositivo di «punto morto» garantisce la perfetta aggraffatura a doppia impronta.



### PINZA «SERCOS 1»

Adatta per aggraffatura a doppia impronta su cavi o fili da 1 a 8 mmq. di sezione (oppure lo stesso modello per cavi da 5 a 16 mmq.). In questo utensile, un particolare dispositivo d'arresto brevettato, impedendo la riapertura delle ganasce fin tanto che la pinza non sia stata completamente chiusa, assicura e garantisce una perfetta aggraffatura.



Agente esclusivo di vendita per l'Italia:  
**S.p.a. OFFICINE OMEGA. Rosso-Costamora**  
 Via Massena 13 - TORINO - Tel. 512444 (5 linee)



# JUPITER

S. p. A.

## Macchine elettriche terrestri

- *Generatori sincroni fino a 6000 kw*
- *Motori sincroni*
- *Motori asincroni trifasi da 1 a 6000 kw*
- *Convertitori di tensione*
- *Convertitori di frequenza*
- *Regolatori automatici di tensione*
- *Motori asincroni a velocità regolabile*
- *Generatori sincroni ad alta frequenza*

- *Gruppi elettrogeni*
- *Gruppi elett. ad intervento automatico*
- *Quadri elettrici di distribuzione*
- *Gruppi raddrizzatori statici*
- *Gruppi raddrizz. a tensione regolata*
- *Amplificatori magnetici*
- *Apparecchiature per bordo*

## Automazione Regolazione

## Macchine elettriche per bordo

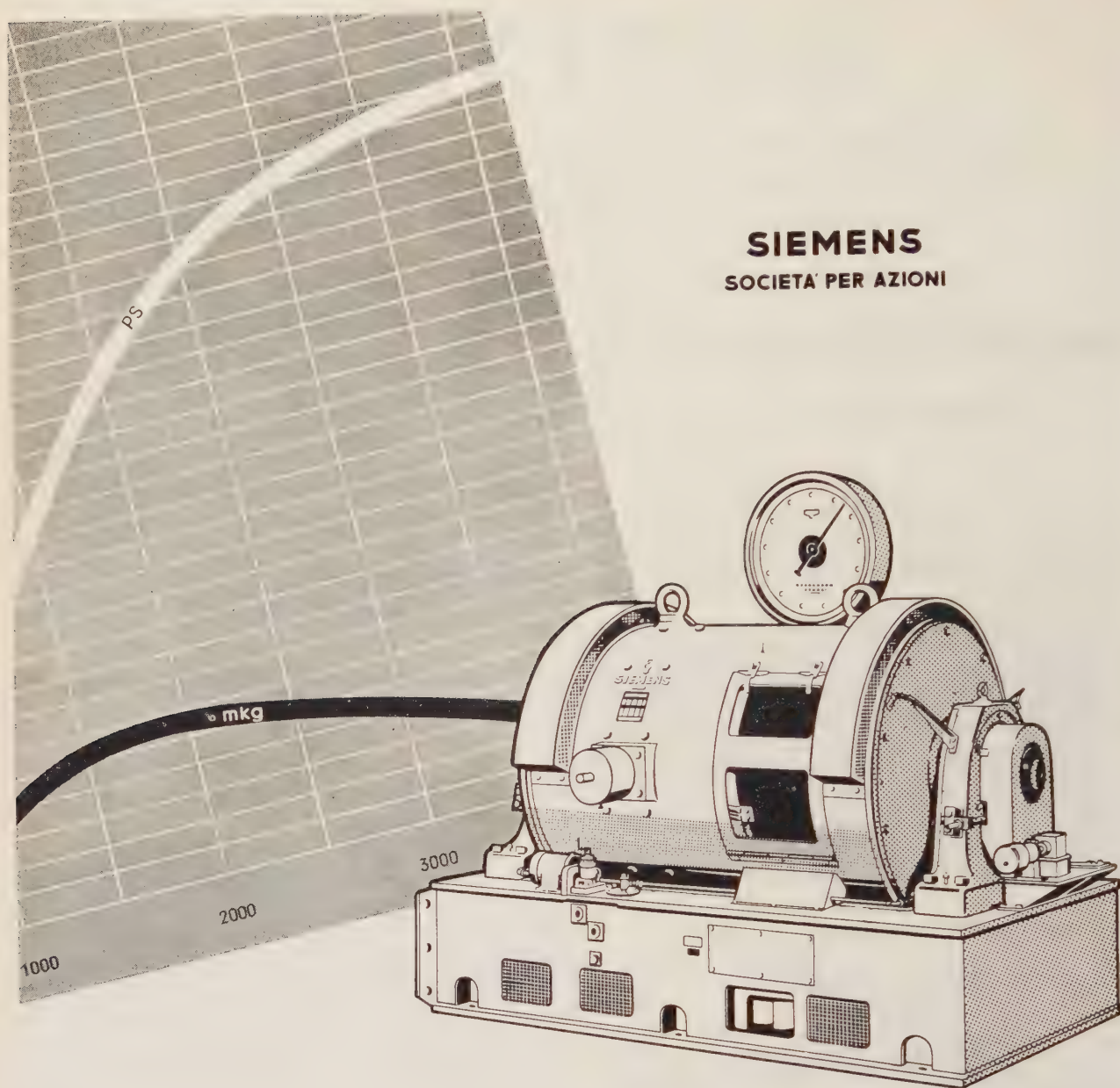
- *Generatori a corr. continua fino a 6000 kw*
- *Motori a corrente continua fino a 6000 kw*
- *Metadinamo* (235)
- *Motori a c. c. a velocità regolabile*
- *Gruppi convertitori di continuità*
- *Regolatori automatici di velocità*
- *Saldatrici rotanti*
- *Gruppi convertitori per saldatura*

GENOVA - BORZOLI (Italia)  
Via P. D. Da Bissone, 1  
Telef. 471.133 - 471.060 - 475.489



Indirizzo telegrafico:  
JUPITER-BORZOLI





## Dinamo-freno a carcassa oscillante

Per banchi di prova e laboratori di ricerche la macchina a corrente continua a carcassa oscillante, in combinazione con un gruppo convertitore Leonard, rappresenta il mezzo più adatto per misurazioni di coppia e di potenza. La possibilità di regolazione continua della velocità, la precisione delle misure, il recupero dell'energia, costituiscono i peculiari vantaggi di questo dispositivo.

**SIEMENS ELETTRA S. p. A. - MILANO** - Via Fabio Filzi 29 - Telefono 69.92

RAPPRESENTANZA GENERALE PER L'ITALIA DELLA SIEMENS SCHUCKERTWERKE A. G. BERLIN - ERLANGEN



# Ing. S. & Dr. GUIDO BELOTTI

GENOVA - VIA G. D'ANNUNZIO 1/7 - TEL. 52.309

ROMA - VIA DEL TRITONE 201 - TEL. 67.17.09

NAPOLI - VIA MEDINA 61 - TEL. 32.32.79

**MILANO**

PIAZZA TRENTO 8

TELEFONI } 54.20.51 - 54.20.53

54.20.52 - 54.20.20

TELEGR.: INGBELOTTI - MILANO

## COSTRUZIONI ELETTRICHE



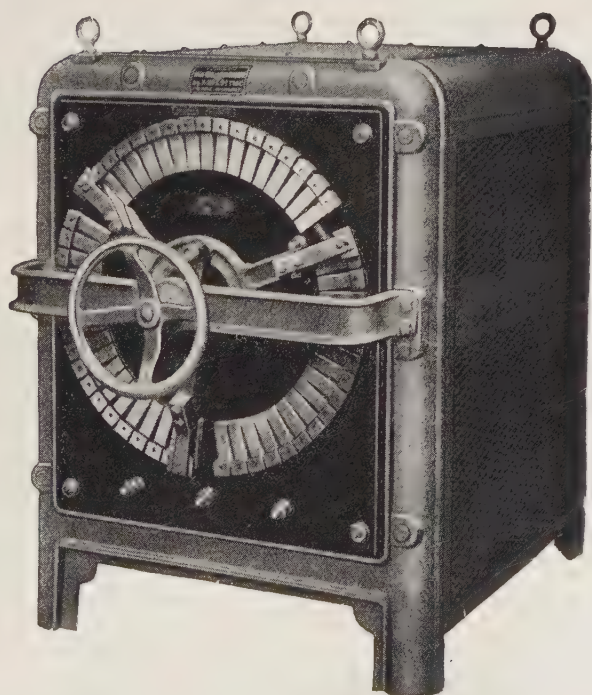
- VARIATORI DI TENSIONE  
" VARIAC "
- REOSTATI LINEARI E CIRCOLARI
- REOSTATI D'AVVIAMENTO E DI  
REGOLAZIONE

(39)

- 
- VARIATORI DI FASE (SFASATORI)
  - STABILIZZATORI DI TENSIONE
  - TRASFORMATORI DI CARICO
  - VARIATORI DI VELOCITÀ PER MO-  
TORI A C.C. FINO A 0,75 HP
  - PROVA OLII PER TRASFORMATORI
  - PROVA RELÈ FINO A 4000 A

- 
- PORTA-SPAZZOLE PER MACCHINE  
ELETTRICHE
  - SPAZZOLE PER MACCHINE ELET-  
TRICHE
  - RULLINI E PORTA RULLINI
  - CUSCINETTI SINTERIZZATI
  - COLLETTORI FINO A 180 MM Ø

- 
- OFFICINA E DEPOSITO IN MILANO



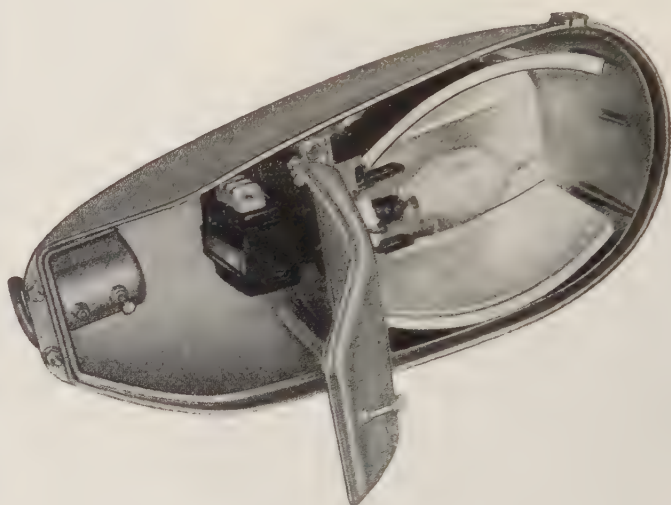




Armatura tipo **HU** per illuminazione  
esterna industriale e stradale  
per lampade a incandescenza  
fino a 250 W  
aperta o chiusa

**a**pparecchiatura  
elettrica  
industriale blindata  
da 15 a 3000 amper  
Materiale per  
reti sotterranee  
Armature per  
illuminazione stradale  
ed industriale  
Armature e pannelli  
radianti  
per riscaldamento

*Corpo pressofuso atto a contenere l'apparecchiatura elettrica.*



*Specchi in alluminio brillantato e ossidato ad alto rendimento, regolabili per la migliore distribuzione del flusso luminoso. - Regolazione della posizione della lampada. - Portalampe di qualità.*

**COMINEL**

S. p. A.

SOC. COMMERC. INDUSTRIALE  
PER MATERIALE ELETTRICO

**MILANO - Corso di Porta Romana 72**  
**telefoni 542.533 - 542.488**

ORGANIZZAZIONE PER LA VENDITA IN ITALIA DELLE

**COMELEC S.A.** di BRUXELLES per le apparecchiature  
SCHREDER S.A. ed HAZEMEYER N.V.

**SCHREDER - TONINI S.p.A.** di TORINO,  
per le armature per illuminazione

**N. K. F.** (NEDERLANDSE KOOLBORSTEL FABRIEK) di EDAM  
per spazzole per macchine elettriche







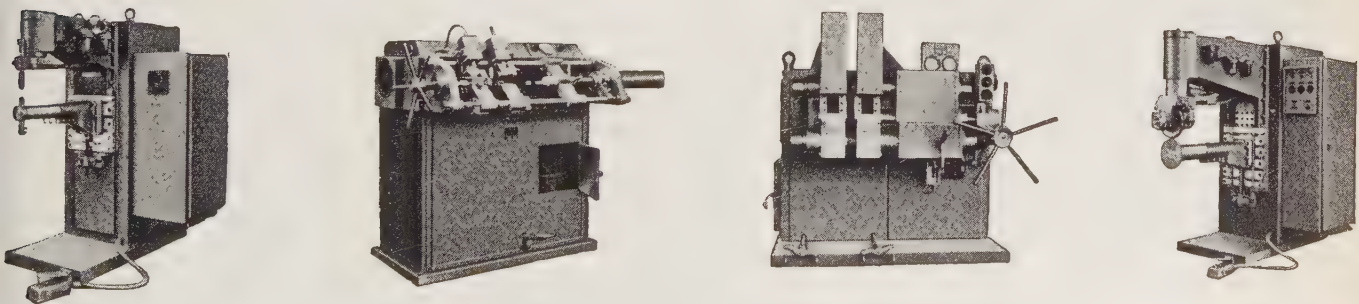
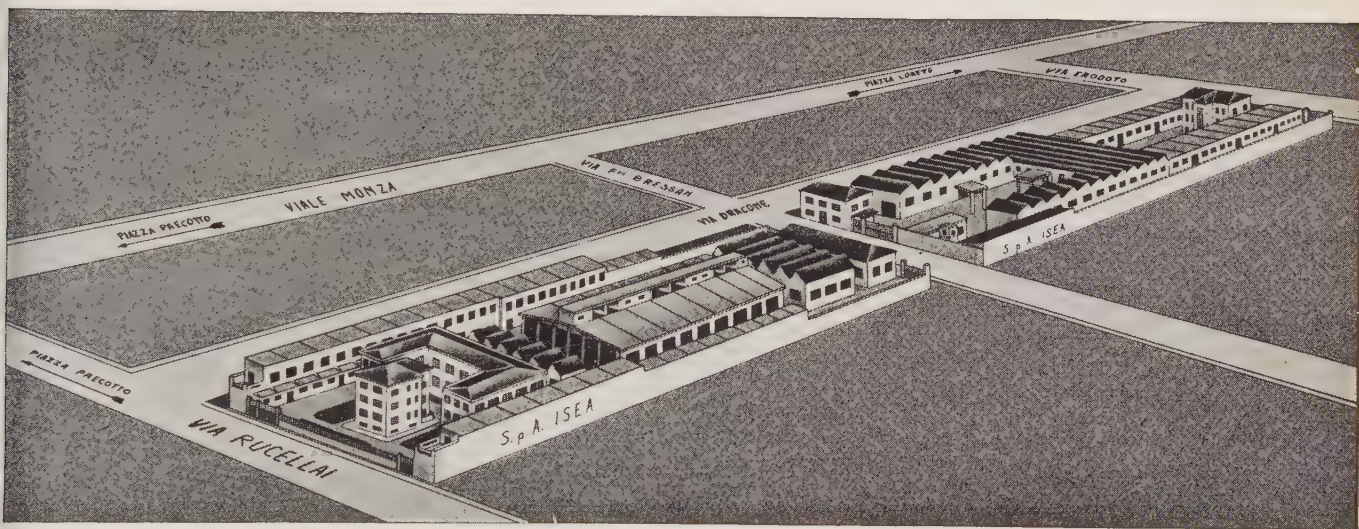
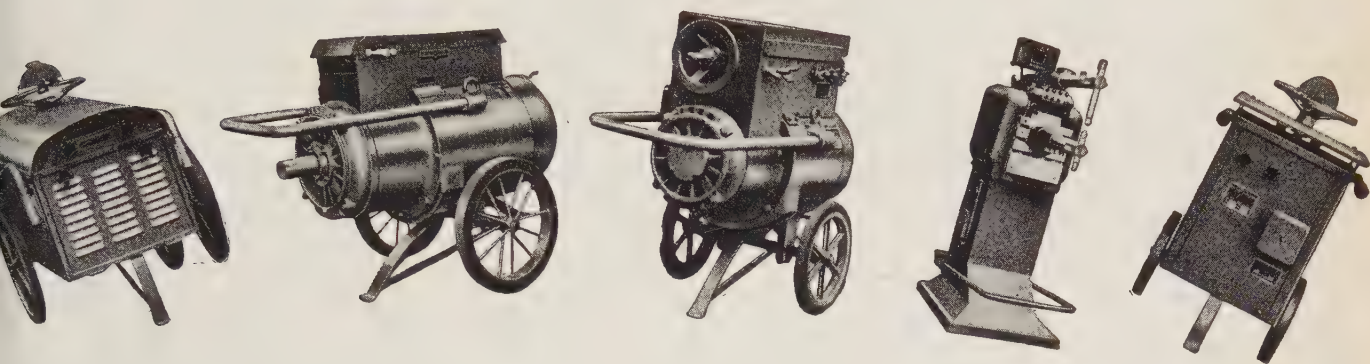
Soc. p. Az.

# ISEA

MILANO

## *Industria Saldatrici Elettriche Automatiche*

VIA RUCELLAI N. 23 - MILANO - TELEFONI 2572331 (Ricerca automatica 6 linee)



# ISEA

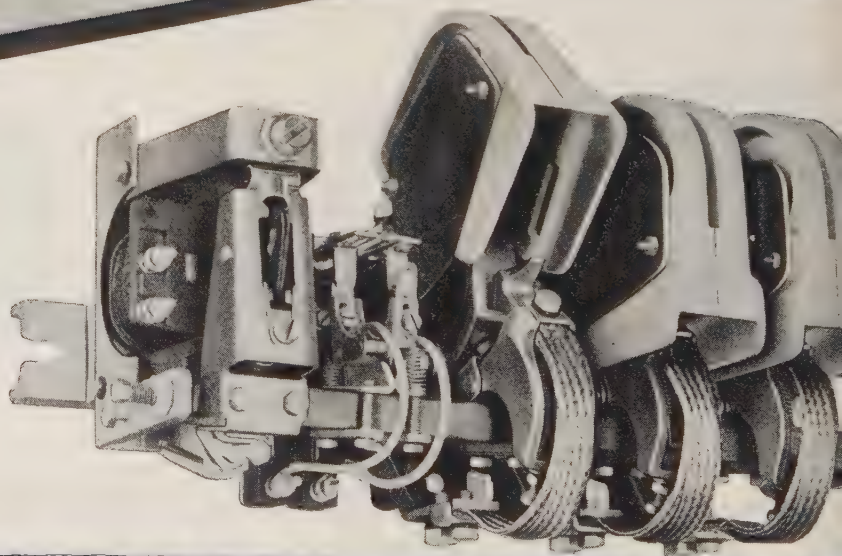
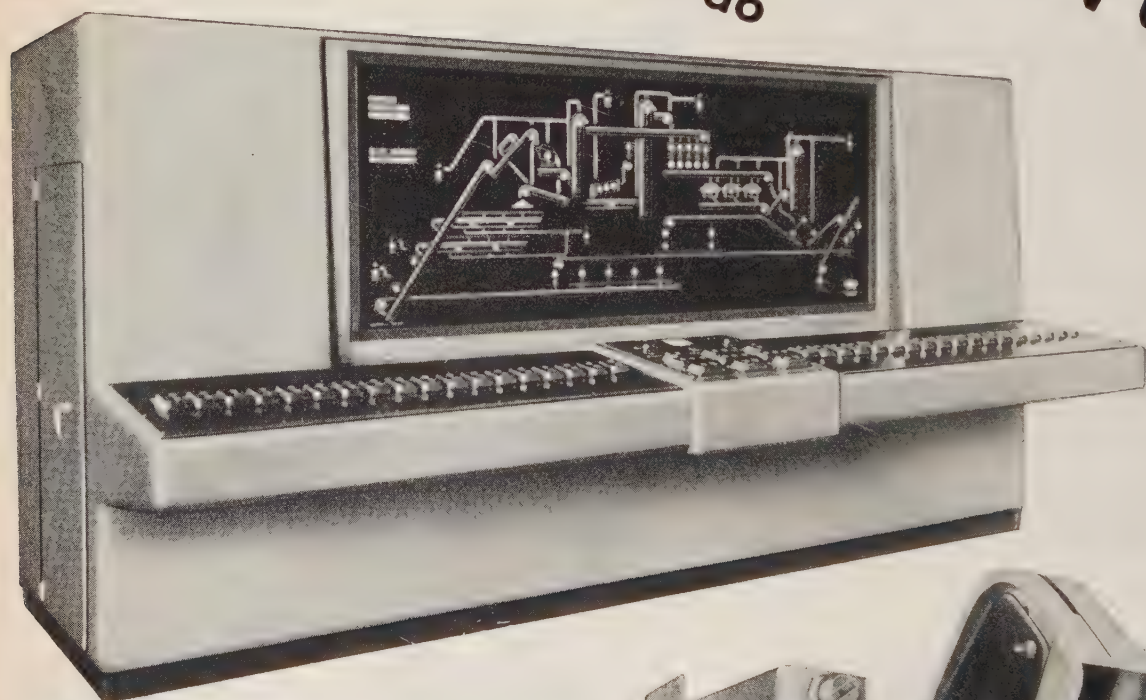
FABBRICA SOLTANTO SALDATRICI ELETTRICHE  
PER OGNI USO E POTENZA





# APPARECCHIATURE AUTOMATICHE ELETTRICHE

per impianti di terra e di bordo



**OFFICINE MECCANICHE RIUNITE**  
BARANZATE DI BOLLATE - (MILANO) -





Particolare di una centrale telefonica automatica tipo AHDF, per servizio privato.

TELEFONIA AUTOMATICA  
URBANA E INTERURBANA  
TELEFONIA PER IMPIANTI PRIVATI  
TELEFONIA A GRANDE DISTANZA  
TELEGRAFIA ARMONICA

**FATME**  
ROMA





# fer

## FABBRICHE ELETTROTECNICHE RIUNITE

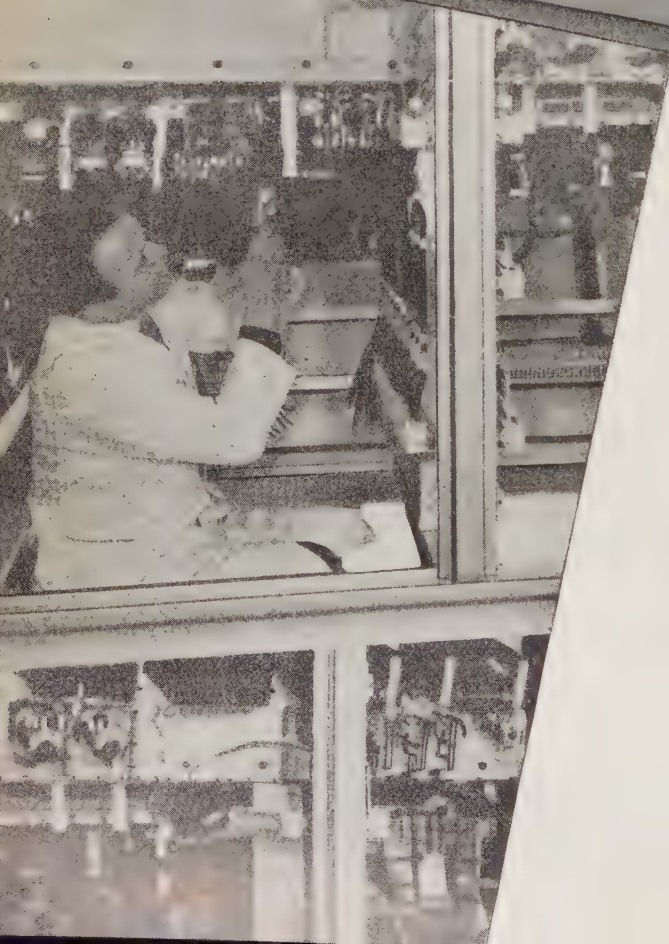
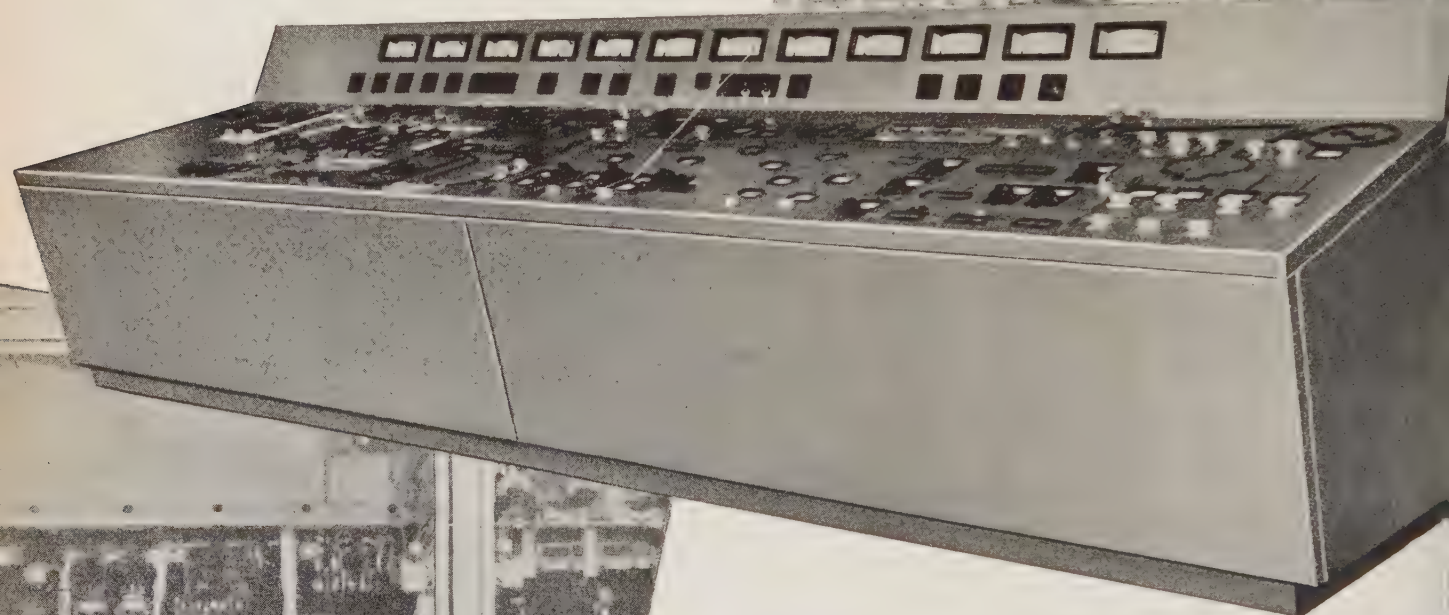
SEZIONE MISURE E REGOLAZIONI

Milano Via Canova 12

Telefono 34.68.51

(5 linee con ricerca automatica della linea libera)

Quadri e banchi di comando e di controllo  
per impianti con regolazione automatica ad  
induzione elettronica Schoppe & Faeser e  
con strumentazione Hartmann & Braun per  
ogni tipo di industria.



### ***Impianti di centrali termiche eseguiti e in via di effettuazione:***

- Centrale termica di S. Barbara - 250 MW**  
della Spett. SELT-VALDARNO
- Centrale termica di Bagnoli - 36 MW**  
della Spett. ILVA
- Centrale termica di Bari - 205,5 MW**  
della Spett. S. G. P. E.
- Centrale termica di Ravenna - 112,5 MW**  
della Spett. ANIC
- Centrale termica di Chivasso - 140 MW**  
della Spett. S. I. P.
- Centrale termica di Porto Marghera 66 MW**  
della Spett. VETROCOKE
- Centrale termica di Tavazzano - 140 MW**  
della Spett. S. T. E. I.
- Centrale termica di Turbigo - 70 MW**  
della Spett. VIZZOLA



# PROPRIETÀ DEI PLASTICI INDUSTRIALI



Proprietà	Unità di misura	Metodo ASTM	Nylon			TFE ** (TEFLON)	Fluorosint TFE ***	K-51**** Penton	Q-200.5
			101	Nylatron * GS	LI				
Resist. a trazione 23 °C	Kg/cm <sup>2</sup>	D-638	630-840	700-980	630-840	105-280	52-175	280-420	560-700
Allungamento 23 °C	%	D-638	25-200	5-150	25-250	75-450	10-200	25-200	3
Modulo di elastic. 23 °C	Kg/cm <sup>2</sup>	D-638	28.000	42.000	24.500	6.300	13.300	11.200	16.800
Resist. a flessione 23 °C	Kg/cm <sup>2</sup>	D-790	875-980	1120-1330	875-980	nessuna rottura	—	280-420	700-1050
Durezza Rockwell 23 °C		D-785	R110-120	R110-125	R111-R118	R20-25	R50-55	R90-100	R110-R120
Durometer 23 °C		D-676	D80-85	D80-90	D75-80	D50-60	D70-75	D75-80	D80-85
Resistenza all'urto	Kg cm/cm <sup>2</sup>		43-86	24-86	19-71	14-95			
Coeff. di attrito dinamico			0.23	0.18		0.24	0.16		
Coeff. espansione termica lineare	cm/cm/°C	D-696	$5.5 \times 10^{-5}$	$3.5 \times 10^{-5}$	$5.0 \times 10^{-5}$	$5.5 \times 10^{-5(1)}$	$1.1 \times 10^{-5(1)}$	$8.0 \times 10^{-5}$	$5.0 \times 10^{-5}$
Deformaz. sotto carico 50 °C 140 Kg/cm <sup>2</sup>	%	D-621	1.0-3.0	0.5-2.5	1.0-2.5	3-7	0.2 <sup>(2)</sup>	1.4	< 1.0 <sup>(4)</sup>
Temper. di distorsione 18.5 Kg/cm <sup>2</sup>	°C	D-648	93	121	54-80	49	1.2 <sup>(3)</sup>	85	93-107
0.46 Kg/cm <sup>2</sup>	°C		182	205		132	—	150	
Punto di fusione	°C	D-789	258 ± 5	258 ± 5	221 ± 5	327 ± 5	327 ± 5	227-241	
Rigidità dielettrica, salita rap. mm 2 spes.	KV/mm	D-149	12-16	12-16	12-16	16-20 <sup>(5)</sup>	12-16	16	28-48
Resistività volumetrica	ohm/cm	D-257	$4.5 \times 10^{13}$	$2.5 \times 10^{13}$	$> 10^{12}$	$> 10^{15}$	$10^{15}$	$5 \times 10^{15}$	$> 10^{15}$
Cost. dielettrica 60 Hz		D-150	4.1			2.0-2.1	3.3-3.45	3.1	
10 <sup>3</sup> »			4.0			2.0-2.1	3.3-3.45	3.1	2.56
10 <sup>6</sup> »			3.4			2.0-2.1	3.3-3.45	2.8	2.52
10 <sup>8</sup> »						2.0-2.1	3.3-3.45		
Fattore di perdita 60 Hz		D-150	0.014			< 0.0005	0.0005-0.0010	0.016	0.0002
10 <sup>3</sup> »			0.02			< 0.0005	0.0005-0.0010	0.008	0.0002
10 <sup>6</sup> »			0.04			< 0.0005	0.0005-0.0010	0.01	0.0002
10 <sup>8</sup> »						< 0.0005	0.0005-0.0010		
Resistente a			Comuni solventi, idrocarburi, esteri chetoni, alcali, acidi diluiti.			Tutti gli agenti chimici eccetto metalli alcalini fusi e fluoro.		Quasi tutti gli ag. chimici e solventi tranne acidi ossidanti.	
Non resistente a			Fenolo, ac. formico, ac. minerali concentrati.			Solventi alogenati a temp. e press. elevate		Simile al TFE ma attaccato da HF. Leggermente attaccato da soluzioni di alcali concentrati e caldi. Alcuni composti fluorurati causano rigonfiamento.	
								Acidi ossidanti concentrati e alcuni solventi.	
								Alcali e acidi diluiti, alcuni solventi compresi alcoli e eteri.	
								Acidi ossidanti concentrati, esteri, chetoni, idrocarburi aromatici e clorurati.	
Assorbimento d'acqua									
Immersione per 24 ore	%	D-570	1.5	1.5	1.5-2.0	0.05		0.01	0.02-0.03
Saturazione	%		7-9	6-8	8.0-10.0				
(in eboll. fino a p. cost.)									
Equilibrio	%		2.5	2.5	2.7-2.8				
(50 % U. R. 23 °C)									
Peso specifico		D-792	1.14-1.15	1.14-1.18	1.12-1.15	2.1-2.3	2.2-2.4	1.4	1.05

(1) valori da 23 a 60°C — (2) 95°C, 84 Kg/cm<sup>2</sup> — (3) 260°C, 84 Kg/cm<sup>2</sup> — (4) 71°C, 280 Kg/cm<sup>2</sup> — (5) spessore 0,02 mm 5 Kv

\* Nylatron GS - nylon caricato con solfuro di molibdeno (marchio registrato Polypenco)  
\*\* TFE - resina polifluoroetilenica - TEFLON (marchio registrato Du Pont)

\*\*\* Fluorosint - TFE caricato - (marchio registrato Polypenco)  
\*\*\*\* Penton - (marchio registrato Hercules Powder Company)

## COMAR

S. p. A.

MILANO - VIA G. B. PIRELLI, 27 - Telefoni: 652.351 / 2 / 3 / 4 / 5



*anche questo è un relè*



RELÈ DI SEGNALAZIONE

TIPO RC-4

con segnalazione a cartellino  
o con segnalazione luminosa



(1')

ingombro minimo  
consumo ridotto  
contatti ausiliari  
con portata e potere  
d'interruzione elevati

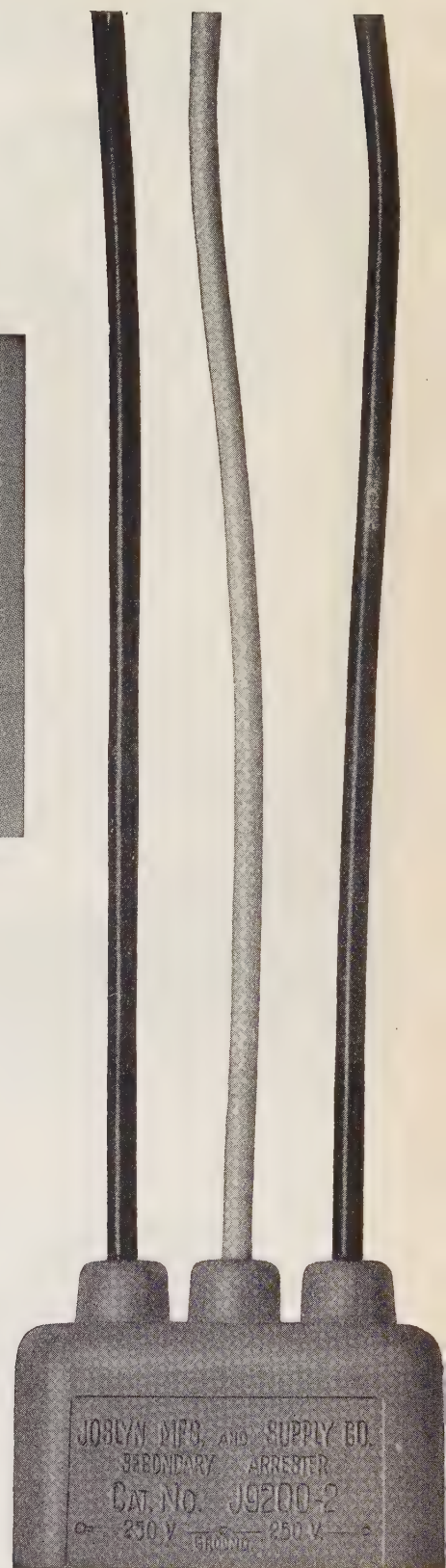
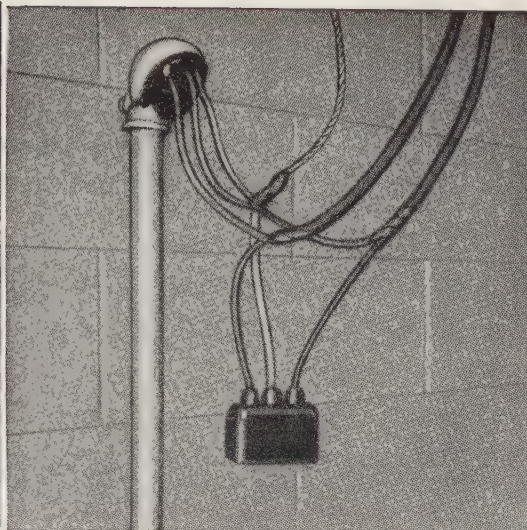
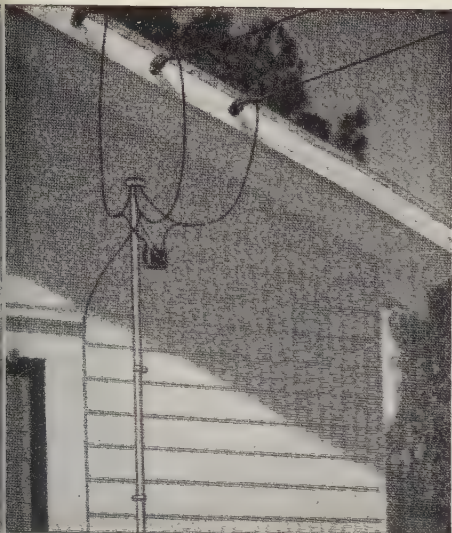
**FABBRICA ITALIANA RELE**

Sede e Stabilimento:

S. PELLEGRINO (Bergamo) - Via Viscardi - Tel. 128 e 236

Uffici di vendita: MILANO - ROMA - TORINO





(50)

# scaricatore Joslyn

ad espulsione

**Mod. J9200-2**  
**per bassa tensione**  
**bipolare**

**Minimo costo della protezione**  
**Trifase - 2 soli scaricatori**  
**Monofase - 1 solo scaricatore**

AGENTE ESCLUSIVA PER L'ITALIA:

# TECNIMEX s.r.l.

MILANO - Via P. Castaldi, 8 - Tel. 639.770





Cavi per  
alta frequenza  
e televisione

*Dätwyler*

## Fili smaltati capillari « Dätwyler »

Fili smaltati capillari di perfetta uniformità e qualità di produzione « Dätwyler » Altdorf-Uri (Svizzera):

TIPO OLIO	tipo tradizionale
DUR SPECIALE	isolato con acetale di vinile
SOLVIT	isolato con smalto saldabile
LITZ	fili isolati con seta e nylon

da 0,015 a 3 mm

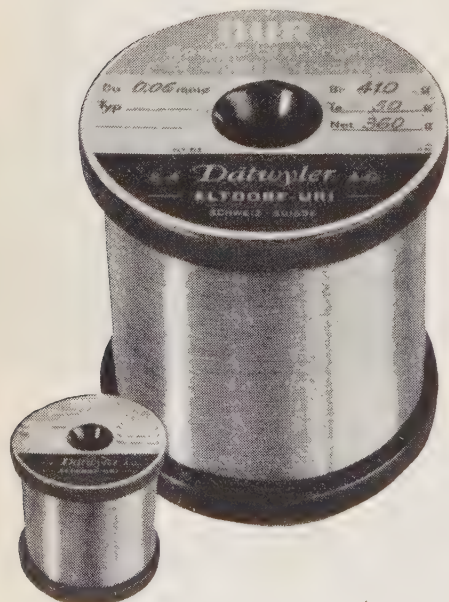
Rappresentante per l'Italia con deposito della Dätwyler SA. Altdorf-Uri

CONDUTTORI ELETTRICI

# carlo erba milano

VIA CLERICETTI 40, TEL. 29.28.67

Esclusivista in Italia per industria autoradio e per commercio all'ingrosso e al minuto di cavi A.F. di produzione « Dätwyler »



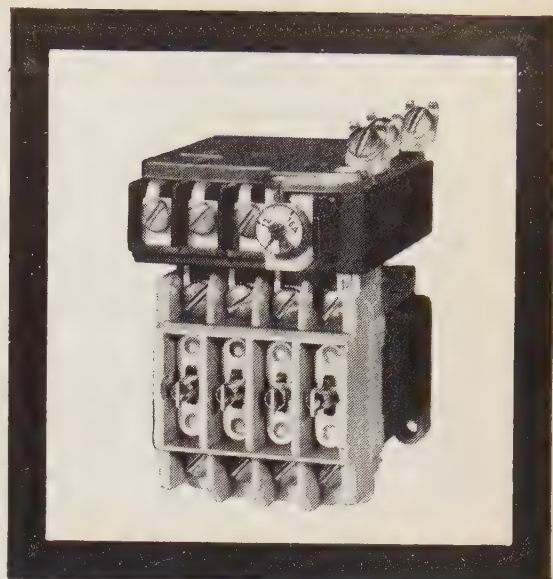


propal 1959/97

Per gravose condizioni di impiego.  
 Contatti d'argento a doppia rottura facilmente ricambiabili.  
 Bobine per tutte le tensioni fino a 380 V.  
 Relé termici sulle tre fasi con compensazione della temperatura ambiente - Facile montaggio sul contattore.  
 Relé temporizzatori per avviatori stella - triangolo automatici.  
 Possibilità di ricarica dei relé a mano ed automatica.  
 Minimo ingombro e lunga durata.

LIMITI DI IMPIEGO PER COMANDO MOTORI TRIFASE  
**110 V** 1,5 KW 2 HP | **220 V** 3,5 KW 5 HP | **380 V** 5,5 KW 7,5 HP

(I33)



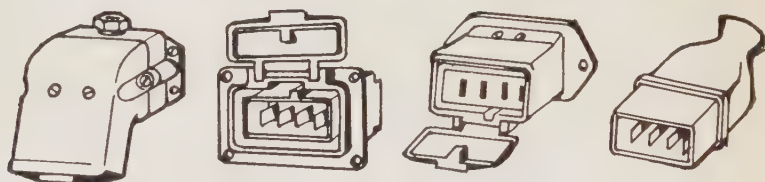
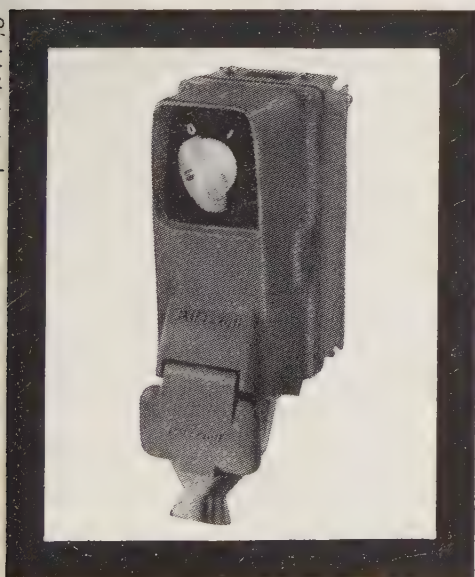
CONTATTORI SERIE

**ES**

QUADRIP. 16 A 380 V~

**Palazzoli**  
 apparecchiature elettriche  
 di sicurezza

*Spa Federico Palazzoli & C.* Brescia



Una serie completa di prese a spina tipo protetto in involucro metallico conformi alle tabelle di unificazione UNEL 47127 - 47128 47129 - 47130 - 47133 - 47134.

Prese e spine fisse o mobili.  
 Esecuzioni per macchine, da parete, da incasso, per cassetta e con interruttore di blocco e valvole.

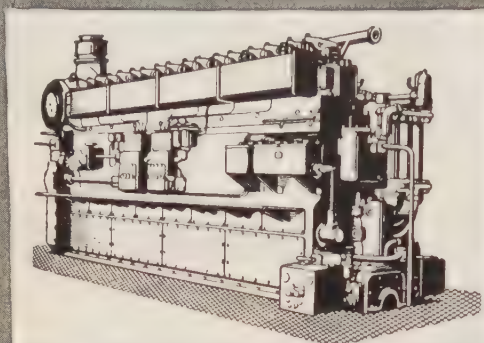
**UNEL**

**PRESE A SPINA**  
**BIPOLARI E TRIPOLARI PIÙ TERRA 15A 380V**

**Palazzoli**  
 apparecchiature elettriche  
 di sicurezza

*Spa Federico Palazzoli & C.* Brescia





Motori Diesel

DEUTZ

da 5 a 3000 Cv. cad.

•

Motori a Gas o Diesel Gas

•

Gruppi Elettrogeni

•

Centrali Diesel Elettriche

•

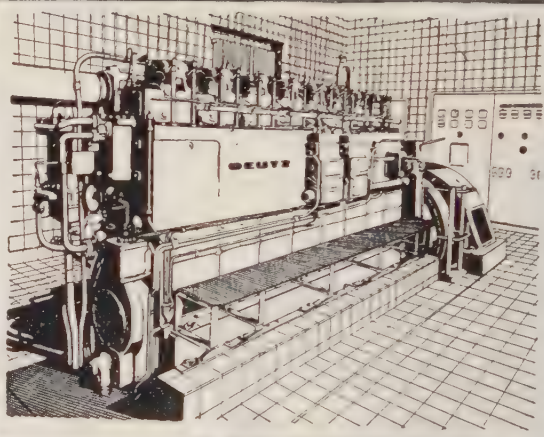
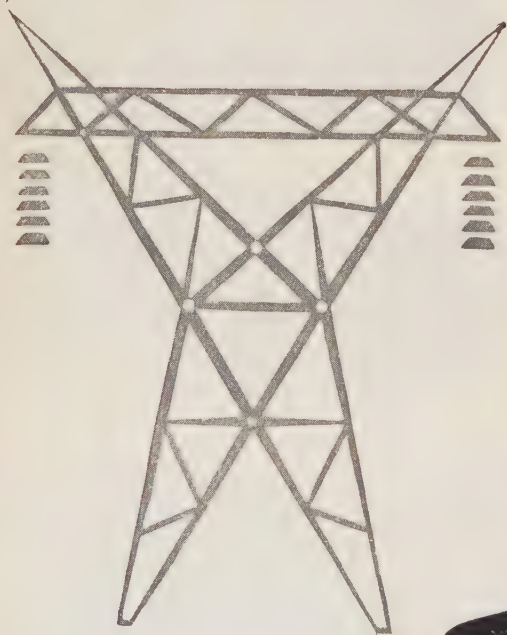
Locomotori a scartamento

ridotto per

cave e miniere

•

Motosaldatrici trasportabili



*Rappresentante Generale per l'Italia*

**INDUSTRIE MECCANICHE LOMBARDE  
MILANO**

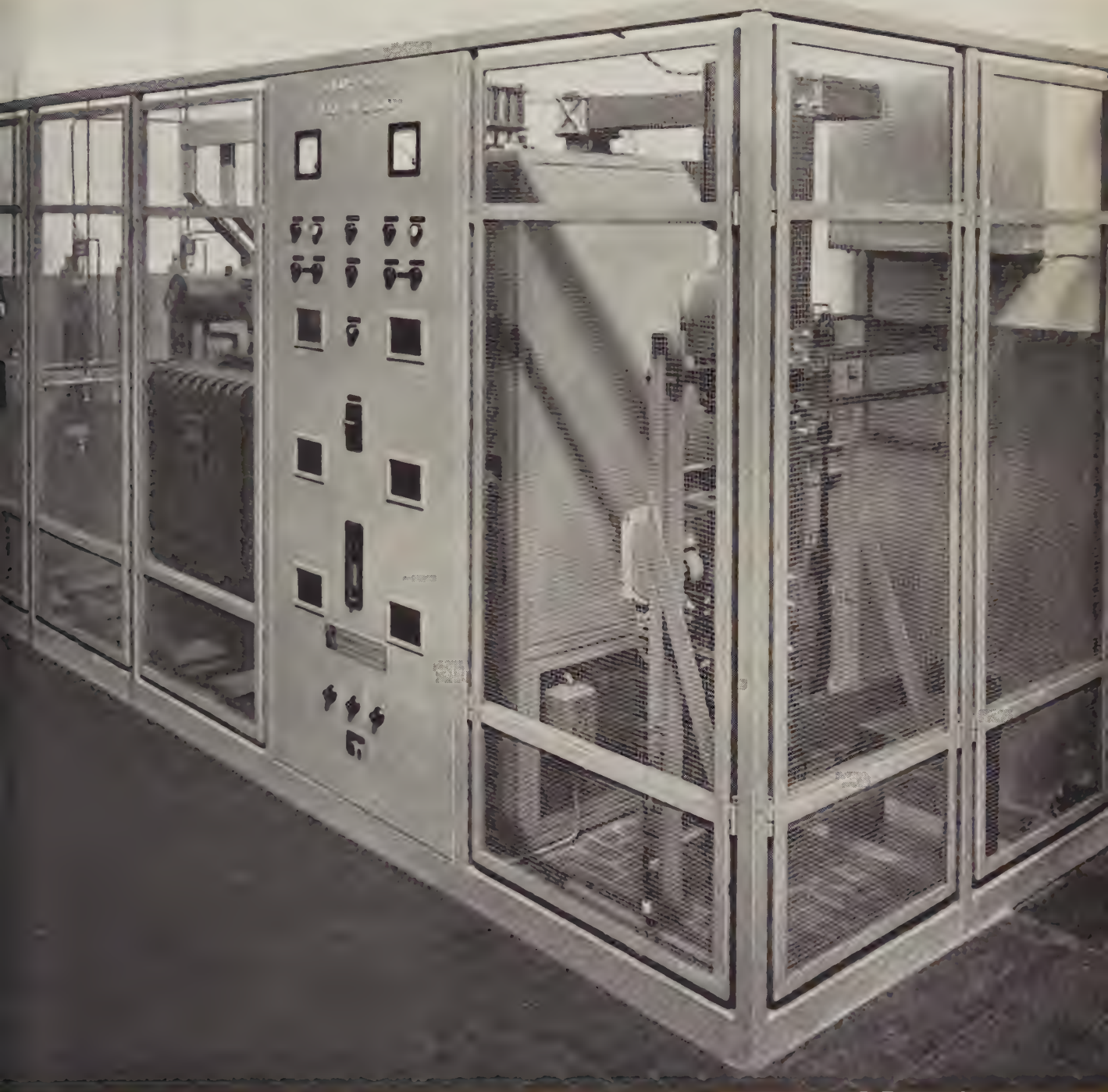
VIA ROBERTO COZZI 8-10

TELEF. 6424051 - 6424041



# *Impianti di raddrizzatori a semiconduttori*

*silicio - germanio - selenio*



Impianto raddrizzatori al Silicio per elettrolisi-alimentazione 14500 V - erogazione 130 V - 2000 A c. c.

## **Richardson Allen Italiana s.p.a.**

MILANO (925) - VIA G. SBODIO 30/1 - Tel. 235.160 - 235.512 - Telegrammi: RIALIT-MILANO

in U.S.A. RICHARDSON ALLEN CORPORATION - New York

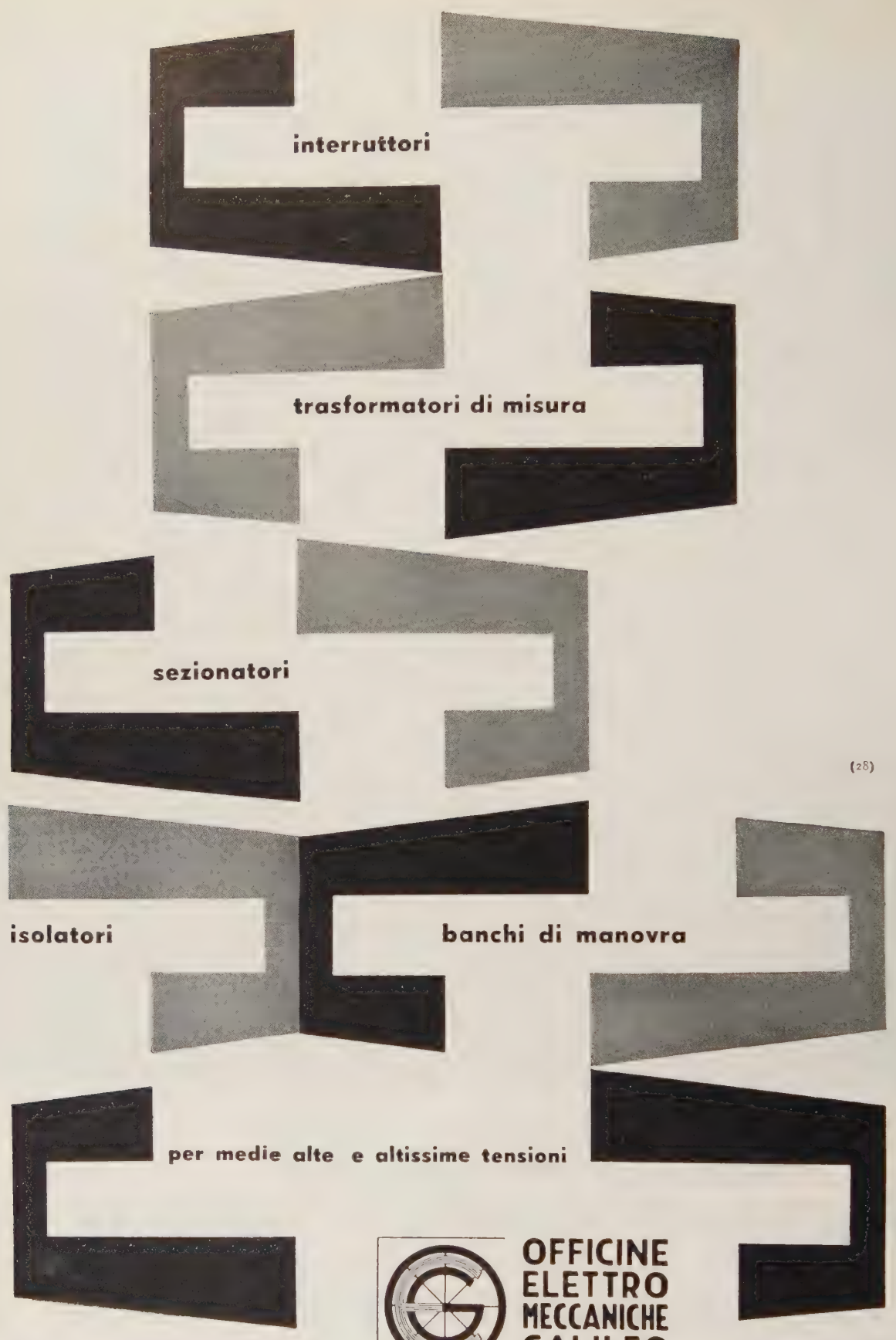
in Canada RICHARDSON ALLEN OF CANADA - Toronto

(212

Agente generale di vendita:

**S.T.I.M.A.** MILANO - VIA MORONE 2 - Telefoni 790.403 - 792. 665





**interuttori**

**trasformatori di misura**

**sezionatori**

(28)

**isolatori**

**banchi di manovra**

**per medie alte e altissime tensioni**



**OFFICINE  
ELETTRO  
MECCANICHE  
GALILEO**  
DI BATTAGLIA TERME S.p.A.

rappresentanza esclusiva di vendita:  
soc. tecnico commerciale  
g. scarpa & c. - milano  
via larga, 26 - tel.: 890.498 - 890.485  
telegr.: tecoscarpa-milano





***illuminazione pubblica  
della  
Città di Piacenza***



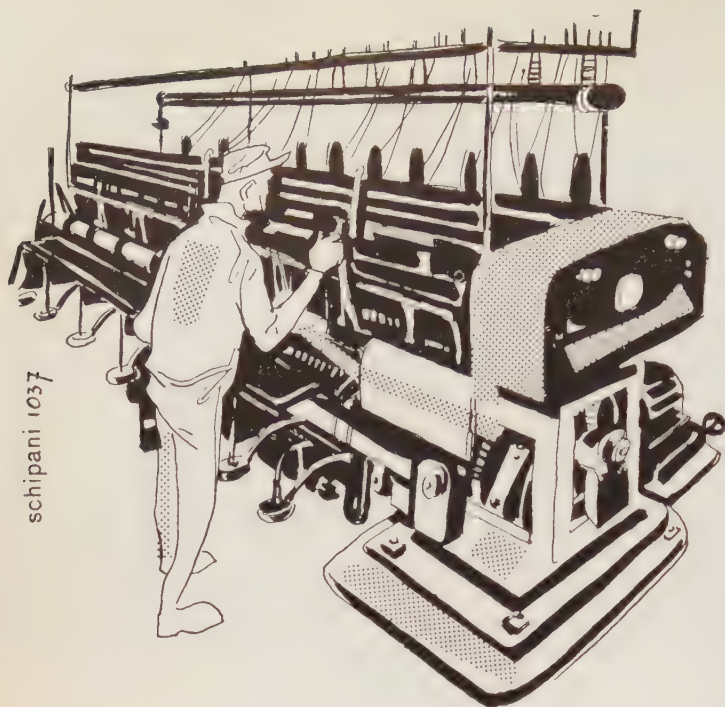
**CELET**

(158)

**Costruzioni Esercizio  
Impianti Elettrici e Telefonici  
Milano**

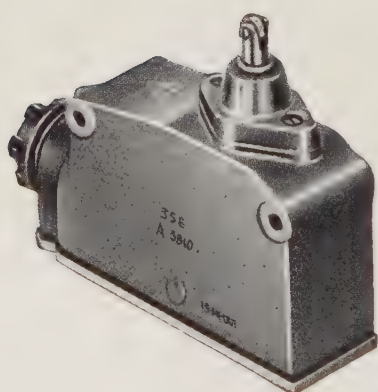
via Andrea Salaino, 10 - tel. 412451 (5 linee)





INTERRUTTORI DI FINE CORSA

# STOTZ



- in esecuzione normale o stagna per funzionamento in c.c. e c.a.
- ridottissime dimensioni di ingombro
- doppia interruzione
- grande sensibilità
- numero di manovre superiore a 10.000.000 con una frequenza di 3.000 manovre/ora
- contatti argentati

(229)



## Soc. p. Az. ELETTROCONDUTTURE

DIREZIONE GEN.:

MILANO

UFF. VENDITE E AMM.:

TEL. N. 70.19.26 - 27

VIA MONTENAPOLEONE 10

TEL. 70.18.84 - 85 - 86

STABILIMENTO IN MILANO

NAPOLI - Via Raffaele De Cesare, 7 - Tel. 39.11.80

BARI - Via De Rossi, 109/111 - Tel. 13.241

GENOVA - Via I. Frugoni, 5 - Telef. 56.15.92

CATANIA - Via S. Euplio, 40 - Telef. 25.549

ROMA - Via Di Villa Patrizi, 4 - Tel. 86.08.25



# METRABLOC

Banco di taratura mobile

**LANDIS & GYR**

Svizzera



## Contatori Campione

di taratura portatili monofasi o trifasi con dispositivo elettrico di avviamento e di arresto.



Rappresentante generale per l'Italia:

**ING. A. DE BENEDETTI S.r.l.**

Via E. Toti, 4    Milano    Tel. 462.771/2



# ACCESSORI PER CAVI

(48)



**GIUNTI  
E  
TERMINALI  
PER CAVI  
D'ENERGIA**

S. p. A.

**FULGOR**

GENOVA





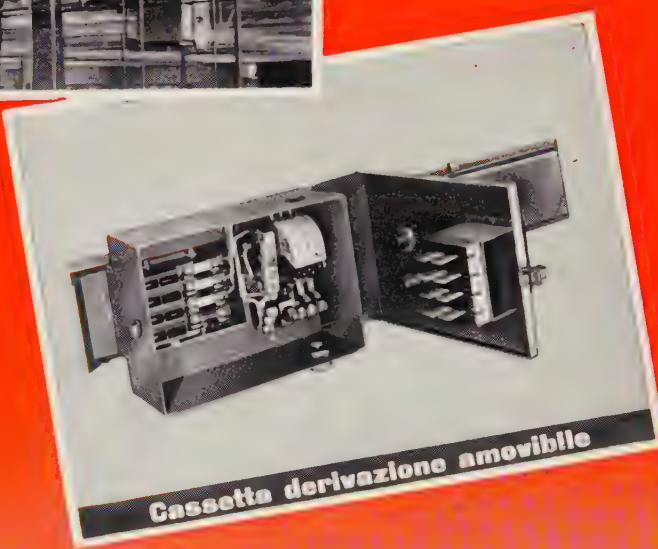
**CANALIS Luce** sino a 40 A



**CANALIS Trasporto Forza** 600-3500 A



**CANALIS UNIVERSALE** da 125 a 700 A



**Cassetta derivazione amovibile**

# CANALIS

**LINEE ELETTRICHE PREFABBRICATE PER TUTTE LE INDUSTRIE**  
**TRIBUZIONI ELETTRICHE AEREE - LICENZA "LA TÈLÈMECANIQUE ELECTRIQUE" NANTERRE**

**PIANELLI & TRAVERSA - TORINO**

Stabilimento VIA MONTE ASOLONE 62 - Telef. 380.746 - 380.253  
 Uff. Comm. CORSO FRANCIA 2 bis - Telef. 512.137 - 512.471



# AMP

Marchio di Fabbrica

## TERMINALI E CONNETTORI SENZA SALDATURA

# SOLISTRAND\*



*Il terminale SOLISTRAND\* A-MP\* di  
me elettrolitico stagnato si adatta a t  
i conduttori e combinazioni di condut  
rigidi, flessibili o a forma irregolare. Q  
sto terminale offre i seguenti vantag*

*tenuta meccanica eccezionale mediante  
colletto brasato con scanalature intern*

*massima conducibilità elettrica*

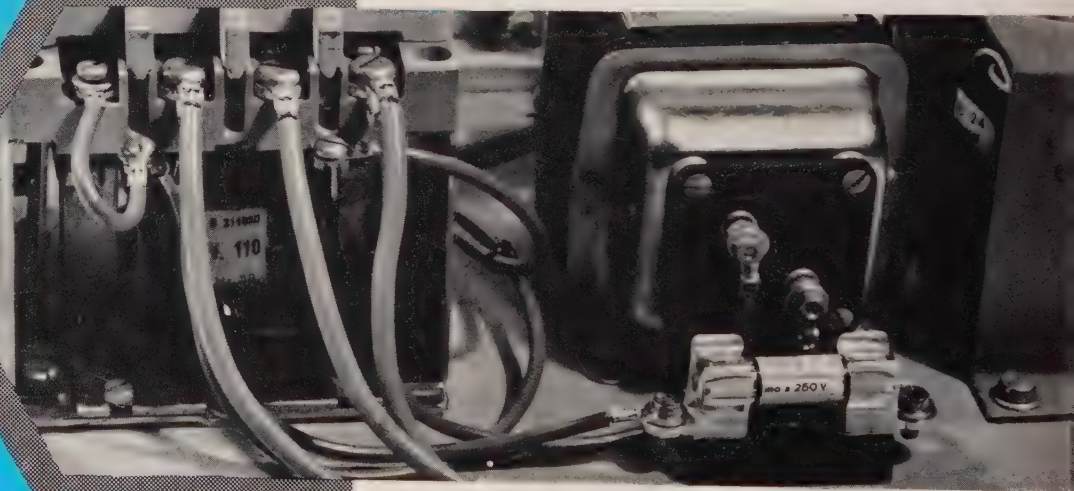
*alta qualità uniforme*

*applicazione facile rapida e sicura  
mediante appropriati attrezzi A-MP\**

*notevole riduzione dei costi*

*impiego universale*

★ MARCHIO DI FABBRICA DELLA AMP INCORPORATED  
HARRISBURG, PA., U.S.A.



L'AMP ITALIA

S.p.A. mette a di-  
sposizione dell'In-  
dustria Italiana:

- la più vasta gam-  
ma di terminali e  
connettori ed i più  
perfezionati attrezzi di  
aggraffatura ● un ser-  
vizio tecnico per la più

ideale ed economica soluzione di ogni problema nel campo delle connessioni elettriche, disponendo dell'esperienza internazionale acquisita dall'AMP INC. e dalle sue filiali nel mondo ● i risultati degli studi di ricerca dell'AMP INC. per i quali la Casa Madre impiega oltre il 15% del volume di affari annuale.

# AMP ITALIA

## UN NUOVO PASSO NEL FUTURO

AMP ITALIA S.p.A. - C.so Peschiera, 299/6 - TORINO

- Telef. 79.39.20 - 79.33.80 - Telegr. AMPITA - Torino

LE FILIALI DELLA AMP SONO MESSI A VOSTRA DISPOSIZIONE DALLE SOCIETÀ AMP DEGLI STATI UNITI, CANADA, GRAN BRETAGNA, AUSTRALIA, GIAPPONE E ITALIA.





**STAMPI** per lavorazione a freddo  
della lamiera.

**STAMPI** per termoindurenti e ter-  
moplastici.

**Soc. MECCANICA "LA PRECISA,, S.p.A.**

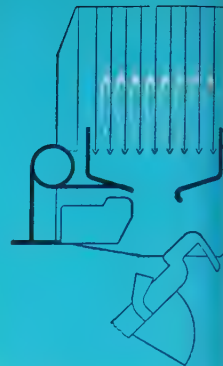
VIA DELLE BRECCIE, 106

N A P O L I

TEL. 353.451 - 352.067

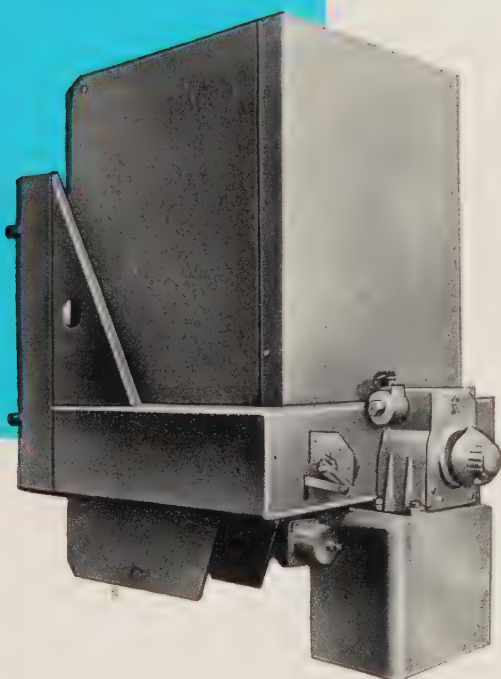


**LE PROVE CONFERMANO LA  
SUPERIORITÀ DELL'INTERRUTTORE**



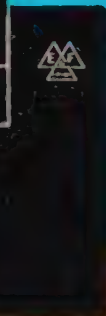
**"SOLENARC,,**

LICENZA MERLIN & GERIN - FRANCIA



**correnti nom. 800 - 1250 - 2000 A**  
**tensioni nom. 6 - 10 - 15 kV**  
**potere di interruzione 250 MVA**

La documentazione delle prove eseguite presso  
il CESI ed altri laboratori esteri (KEMA, E. d. F.)  
è a completa disposizione della spett. Clientela.



UPT - SACE - 12°

**SACE S.p.A. COSTRUZIONI ELETTROMECCANICHE**

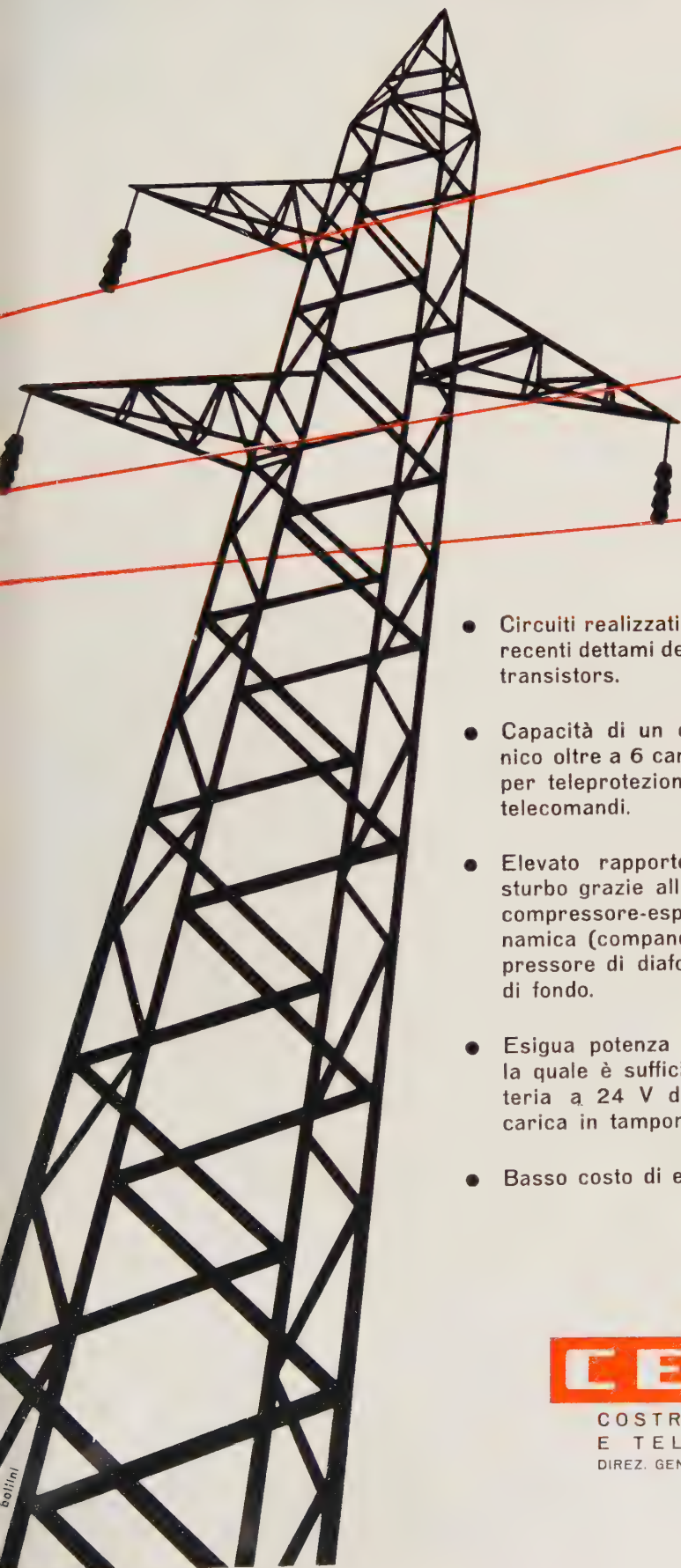


**BERG**



# APPARECCHIATURE AD 0. Cv.

## TRANSISTORIZZATE



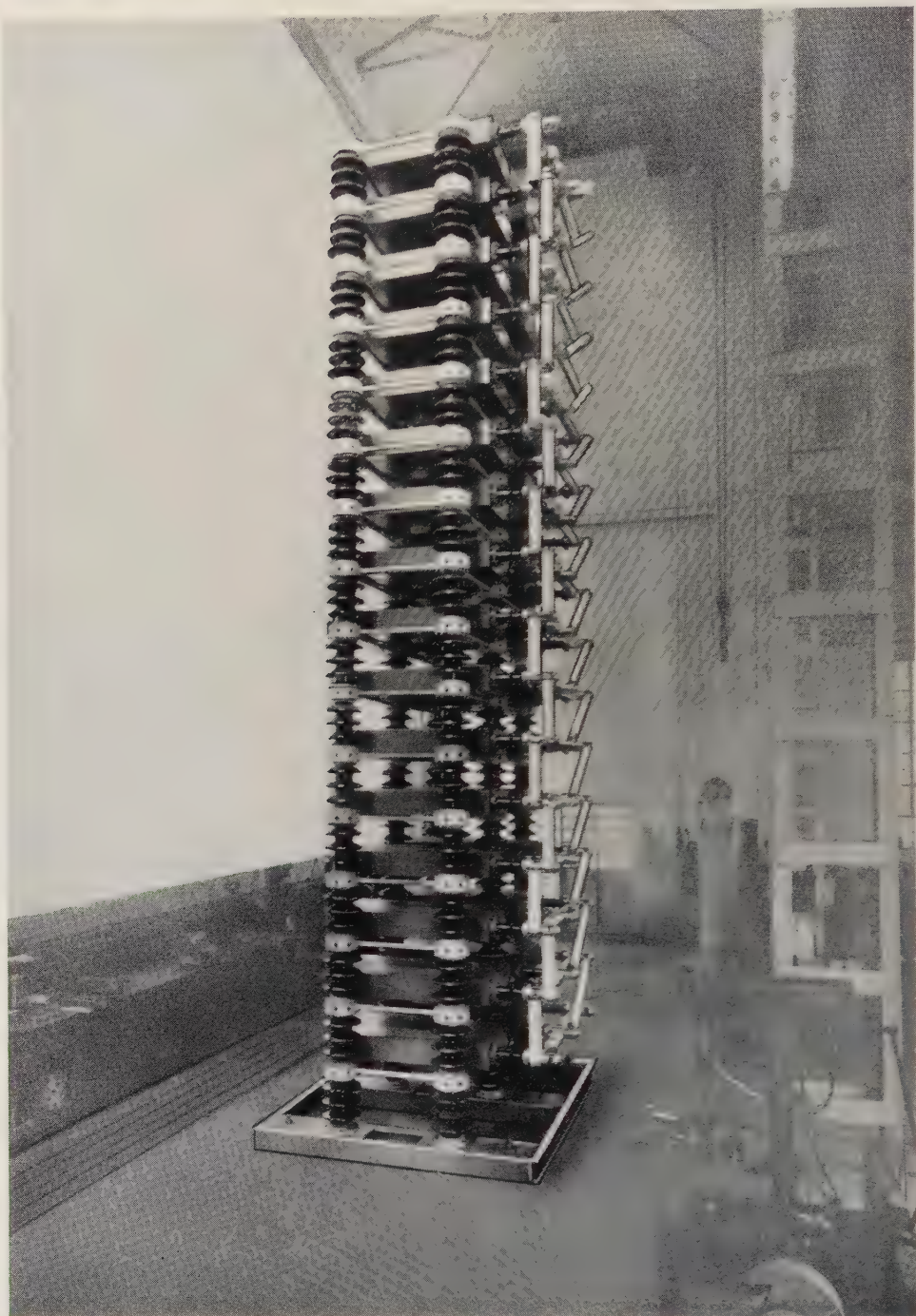
- Circuiti realizzati secondo i più recenti dettami della tecnica dei transistors.
- Capacità di un canale telefonico oltre a 6 canali telegrafici per teleprotezioni, telemisure, telecomandi.
- Elevato rapporto segnale/disturbo grazie alla presenza di compressore-espansore di dinamica (compandor) e di soppressore di diafonia e rumore di fondo.
- Esigua potenza richiesta, per la quale è sufficiente una batteria a 24 V da 10 Ah con carica in tampone.
- Basso costo di esercizio.



### CEA-PERECO

COSTRUZIONI ELETTRONICHE AUTOMATISMI  
E TELECOMUNICAZIONI S. p. A. - MILANO  
DIREZ. GEN. UFFICI COMM. VIA FABIO FILZI, 27 - TELEFONO 651.751 (5 linee)





GENERATORE DI IMPULSI  
PER MONTAGGIO  
ALL'APERTO  
2.400.000 Volt - 90 kjoule

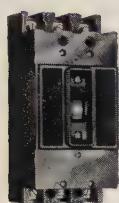


**PASSONI & VILLA S.p.A.**  
FABBRICA ISOLATORI PER ALTA TENSIONE E  
CONDENSATORI  
MILANO - VIALE SUZZANI, 229



# AB

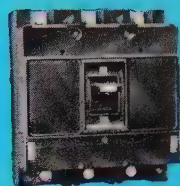
interuttori automatici in aria tipo AB de ion  
tensione nominale:  
440 e 600 V c. a. - 125 e 250 V c. c.  
correnti nominali: da 100 A a 800 A  
potere di interruzione: fino a 35 KA simm.  
correnti nominali di taratura dei relè: da 10 a 800 A



interruttore AB 100 F

rispondenti  
alle norme per  
prevenzione degli  
infortuni

interruttore AB 225 J



interruttore AB 100 G



interruttore 400 KL



interruttore AB 600 e AB 800

## Magrini

società per azioni - Bergamo

direzione vendite: Milano, via Gesù 17 tel. 709 351



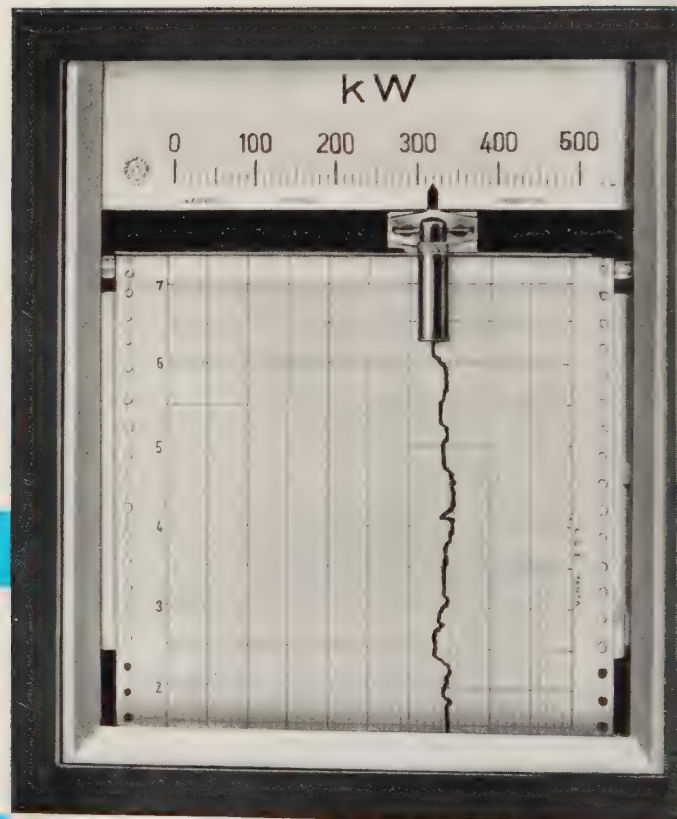
# l'evoluzione dei registratori a servomotore della **C. G. S.**



1900



1901



## Modello S...RI/c

- dimensioni del telaio frontale 300x260 mm
- larghezza utile del diagramma 150 mm
- precisione 0,5 %



1927



1959



**ISTRUMENTI  
DI MISURA**

**C. G. S.**

SOC. P. AZION  
**MONZA**





# L'ELETTROTECNICA

GIORNALE ED ATTI DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA  
SOTTO GLI AUSPICI DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

**COMITATO DIRETTIVO:** † A. BARBAGELATA - A. DALLA VERDE - M. SEMENZA - G. SOMEDA

**DIREZIONE:** DIRETTORE: † A. BARBAGELATA - CONDIRETTORE E REDATTORE CAPO: R. SAN NICOLÒ

**COMITATO DI REDAZIONE:** A. M. ANGELINI - F. BAROZZI - E. GATTI - R. SARTORI - G. SILVA

**AMMINISTRAZIONE:** UFFICIO CENTRALE DELL'A.E.I. - MILANO - VIA SAN PAOLO, 10 - TEL. 794-794 e 798-897 - C/G Postale 3/1189

È GRADITA LA COLLABORAZIONE DEI LETTORI. - GLI ARTICOLI DI INTERESSE GENERALE ACCETTATI DALLA REDAZIONE SONO COMPENSATI. - GLI SCRITTI DEI SINGOLI AUTORI NON IMPEGNANO LA REDAZIONE E QUELLI DELLA REDAZIONE NON IMPEGNANO L'A.E.I. - I MANOSCRITTI NON SI RESTITUISCONO. - AI SOCI DELL'A.E.I. UN ABBONAMENTO GRATIS. - SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE: GRUPPO 3°. - PUBBLICAZIONE MENSILE

## SOMMARIO

### PARTE PRIMA

#### Articoli:

Angelo Barbagelata (A. M. ANGELINI - G. SOMEDA) . . . . .	Pag. 374
Produzione combinata di forza motrice e di calore, con speciale riguardo alle installazioni di turbine a vapore a contropressione (C. CASTELLANI) . . . . .	» 377
Moderni orientamenti nella progettazione dei veicoli per metropolitane (F. PERTICAROLI) . . . . .	» 384
Note sull'installazione e l'impiego dei generatori per alte tensioni ad impulso (G. ZINGALES) . . . . .	» 394
Sul comportamento di servosistemi a relè in regime permanente (F. GASPARINI - L. MERIGLIANO) . . . . .	» 425
L'induttore di blocco del circuito di alimentazione del magnete del sincrotrone italiano da 1000 MeV (R. MARENESI - G. SACERDOTI - R. TOSCHI) . . . . .	» 432
Criteri per il progetto elettroacustico di un ecoscandaglio (G. PAZIENZA) . . . . .	» 443

### Rubriche varie:

Notizie e Informazioni . . . . .	Pag. 453
Libri e Pubblicazioni . . . . .	» 459
Dalle Riviste . . . . .	» 461

### Notizie dell'Associazione:

Minuta di verbale della seduta del Consiglio Generale tenuta a Milano il 13 aprile 1960 . . . . .	» 468
Notizie delle Sezioni: Sezione Adriatica, Sezione di Bologna (Sottosezione di Ferrara), Sezione di Catania . . . . .	» 471
Sezione di Livorno, Sezione di Napoli, Sezione di Trieste . . . . .	» 472
Sezione Veneta . . . . .	» 473
Comitato Elettrotecnico Italiano . . . . .	» 473
Istituto Italiano del Marchio di Qualità . . . . .	» 477
Necrologi: Dr. ing. Mario Bourelly - Dr. ing. Ettore Poletti . . . . .	» 480
Attività delle Sezioni . . . . .	» 480

### PARTE SECONDA

Sunti e Sommari . . . . .	Pag. 81 D
---------------------------	-----------

## Angelo Barbagelata

La Redazione si unisce di cuore alle commosse parole di rimpianto e rievocazione che il Presidente Generale prof. A. M. ANGELINI e il Presidente del CEI prof. G. SOMEDA hanno scritto e che pubblichiamo più avanti.

Tali parole trovano certamente un'eco sincera nell'animo di tutti i soci che Lo conobbero. Lo stimarono e Lo amarono. Ma soprattutto chi Gli è stato parecchi anni vicino in consuetudine di lavoro, di un lavoro a Lui gratissimo, e ne ha potuto apprezzare a fondo le nobilissime doti di intelligenza e di cuore, ne conserva un ricordo reverente e indelebile. Per questo, siamo grati al Presidente Generale per avere così bene interpretato il sentimento dei Soci e quello particolarmente profondo e sincero della Redazione: ulteriori parole sarebbero vano eloquio!

## Impianti combinati

Nell'attuale sete di energia che assilla il mondo moderno prendono particolare importanza non soltanto le nuove fonti di produzione ma anche tutti gli accorgimenti intesi ad una migliore e più integrale utilizzazione delle energie disponibili. Rientrano in questo quadro gli impianti combinati per produzione di energia elettrica e, insieme, di energia termica per usi tecnologici.

Su questi impianti, intrattiene oggi i lettori C. CASTELLANI mettendo in evidenza l'interesse che essi presentano nell'economia energetica e i vari aspetti che essi possono assumere nella realizzazione costruttiva.

## Veicoli per metropolitane

L'argomento delle ferrovie metropolitane è oggi di grande interesse ed attualità anche nel nostro Paese che, se arriva un poco in ritardo in questo campo, sta dimostrando di saper fare molto bene anche in esso.

Fra i problemi particolari si pongono quelli dovuti alle esigenze severe e singolari a cui è chiamato a rispondere il materiale mobile. Fervono discussioni in proposito e soluzioni diverse sono proposte dai tecnici specializzati.

I nostri lettori saranno lieti di potere essere informati e aggiornati, attraverso la scritto che pubblichiamo di F. PERTICAROLI, su queste questioni generalmente poco note a chi non si occupi in particolare dell'argomento.

## Generatori ad impulso

Le prove ad impulso sul macchinario elettrico ad alta tensione hanno assunto ormai una importanza ed una diffusione grandissima e sempre crescente.

Si è andata creando tutta una tecnica specializzata sia per le apparecchiature usate sia per i metodi di applicazione e per la interpretazione dei risultati. Questo complesso di studi e di esperienze è presentato oggi in un quadro sintetico da G. ZINGALES, in un ampio articolo che sarà gradito in modo speciale ai lettori non specializzati che vi troveranno il modo di aggiornarsi efficacemente su tale argomento.

## Servosistemi a relè

In un lavoro teorico-sperimentale relativo a regolatori automatici a relè in cui la funzione di trasmissione ad anello aperto può considerarsi come cascata di semplici integratori approssimati, F. GASPARINI e L. MERIGLIANO presentano una elegante estensione del metodo del piano di fase considerando una cascata di piani delle fasi a due variabili, estensione che si presta anche allo studio del transitorio del servo sistema a relè oltrechè allo studio delle oscillazioni di regime.

## Il sincrotrone italiano da 1000 MeV

Nell'articolo che pubblichiamo R. MARENESI, G. SACERDOTI e R. TOSCHI espongono il progetto di un interessante particolare costruttivo del sincrotrone da 1000 MeV il cui magnete è alimentato da correnti continua e alternata sovrapposte; gli Autori si riferiscono all'induttore che è posto in serie all'alimentazione a corrente continua per bloccare la corrente alternata.

## Applicazioni elettroacustiche

Le direttive per la progettazione di un ecoscandaglio per esplorazione dei fondi marini sono esposte da G. PAZIENZA, in base all'esame e alla discussione dei parametri elettroacustici che ne influenzano il funzionamento, per la verifica dei quali vengono esposti criteri e direttive.

## Comitato Elettrotecnico Italiano

Sono stati diramati per l'inchiesta pubblica, in questi giorni, due nuovi Progetti di Norme: *Materiali stratificati a base di resine termoindurenti e Fusibili a tensione non superiore a 1000 V.*

LA REDAZIONE



# ANGELO BARBAGELATA

ARNALDO M. ANGELINI - Presidente Generale dell'AEI

GIOVANNI SOMEDA - Presidente del CEI

Il ventitre maggio scorso Angelo Barbagelata ci ha lasciati; il 25, assieme a tanti amici e discepoli, noi dell'AEI ci trovammo con i familiari a rendere l'ultimo saluto al caro scomparso. Infatti l'AEI, alla quale per oltre mezzo secolo Egli ha dedicato, con tanta costanza, una gran parte della Sua molteplice, fervida, attività, sorretta da rarissime doti d'intelletto e di cuore, era veramente una estensione della Sua stessa famiglia.

Quello del 25 maggio fu un commiato veramente doloroso: commozione e rimpianto empivano gli animi nostri, mentre nelle nostre menti erano presenti le luminose tappe della ascesa del nostro Sodalizio, ad ognuna delle quali è indissolubilmente legato il Suo nome: era presente e viva la figura dell'Uomo e l'azione Sua caratterizzata da episodi senza numero che ci hanno stretto a

« Per noi insegnanti che abbiamo il dovere della esemplarità della vita, e con questa possiamo seminare tanto bene, l'esempio raro di questo scienziato che in ogni momento si nascondeva in umiltà, che badava soltanto ai veri valori, che metteva le cose a posto con retto giudizio, riguardoso per tutti, rimane vivamente illuminante. E nell'attuale sbandamento di tante coscienze, questa luce è doppiamente benefica ».

In sede commemorativa sarà detto diffusamente del contributo che Angelo Barbagelata ha dato allo sviluppo della elettrotecnica con lavori sperimentali del più alto valore e con opere fondamentali per l'originalità del contenuto e per la eccezionale chiarezza; della sua intensa e lunga attività didattica dedicata alla formazione di schiere di ingegneri e di tecnici nelle discipline elettriche;



Lui con tanto affetto e ci hanno insegnato ad impersonare in Lui, allora e per sempre, le tradizioni più belle dell'AEI.

Dire di Lui non è agevole a chi — come chi scrive — sa sino a qual punto la modestia era connaturata con il Suo spirito: chi Lo ha avuto Maestro, Collega, Amico sa non soltanto quanto Egli fosse schivo da tutto ciò che potesse far pensare ad una condiscendenza per qualsiasi pur remota forma di esibizione, ma anche quanto severo Egli fosse intimamente nei riguardi di chi indulgeva alla immodestia.

E d'altro canto il fatto che, per antica consuetudine, degli scomparsi si esaltano le virtù e si tacciono i difetti, potrebbe far pensare, a chi non ha conosciuto da vicino Angelo Barbagelata, che nel ricordo di chi scrive, l'affetto per l'Amico scomparso possa influenzare l'apprezzamento per Lui.

Non è così: i discepoli, i colleghi, i collaboratori e tutti coloro che hanno avuto consuetudine di rapporti con Lui, sanno che quanto, con animo commosso, oggi scrivo, risponde appieno ora, non più di ieri, all'oggettivo apprezzamento delle tante e così rare Sue doti.

E poichè i valori morali sovrastano, e di gran lunga, ogni altro valore, non saprei riferirmi a Barbagelata, sotto questo profilo, con parole più idonee di quelle che il collega prof. Danusso ha rivolto alla consorte del caro Estinto.

delle attività in ambito internazionale e del prestigio che Egli aveva così meritatamente acquisito in vari organismi scientifici e tecnici stranieri: era, fra l'altro, Membro del Consiglio di Amministrazione della CIGRE fino dalla fondazione e Socio Onorario della Soc. Française des Electriciens. E si dovrà anche ricordare il notevole contributo che la Sua grande esperienza ed il Suo acume hanno portato in campo industriale attraverso consulenze e compiti di alta direzione aziendale. Qui desidero ricordare, per sommi capi, l'attività che Egli ha svolto nella nostra Associazione e nel Comitato Elettrotecnico Italiano.

Iscrittosi all'AEI nel lontano 1903, Egli ne seguì gli sviluppi fin dai primordi e fu uno dei principali artefici della sua espansione ed affermazione sia in Italia che all'estero. Non v'è attività od iniziativa del nostro Sodalizio che non rechi la Sua impronta e se l'anzianità di iscrizione gli valse la qualifica di Socio Emerito, la gratitudine dei Colleghi volle annoverarlo fra i Soci Benemeriti, quale riconoscimento della instancabile attività svolta in favore di questa AEI alla quale volle legarsi per tutta l'esistenza diventandone Socio Vitalizio.

Nove anni dopo la sua iscrizione, lo vediamo entrare a far parte per la prima volta della Presidenza Generale e quando, il 5 febbraio del 1914, gli Atti dell'AEI vengono trasformati nella rivista « L'Elettrotecnica », Egli ne di-



venta Redattore capo, e da allora continuerà a dirigerne le sorti per quasi mezzo secolo, fino alla sua dipartita, contribuendo, in modo decisivo, alla sua evoluzione, sia nel contenuto che nella veste tipografica, grazie anche alla encomiabile opera dei suoi collaboratori della Redazione e dell'Ufficio Centrale.

Le Sue rare qualità di Uomo ed il suo amore per la nostra Associazione facevano sì che si ricorresse spontaneamente a Lui nei momenti in cui i problemi da risolvere diventavano più seri ed impegnativi. Fu così che, subito dopo lo scoppio del primo grande conflitto, la fiducia dei Colleghi milanesi gli affidò le sorti di quella Sezione che presiedette fino al 1918. Sempre durante la prima guerra mondiale veniva nominato Segretario del Comitato Elettrotecnico Italiano, al quale doveva dare tanta parte della Sua attività, fino ad assumerne la Presidenza nel 1946. L'importanza delle mansioni svolte in seno a tale organismo è intimamente legata alle funzioni sempre più impegnative che esso è andato assumendo con il trascorrere degli anni; creato nel 1910, il CEI iniziava pochi anni dopo la compilazione di quelle « Norme » che davano modo all'industria italiana di emanciparsi dalla soggezione alle Norme straniere.



La prima riunione della Redazione de « L'Elettrotecnica »  
Firenze, 21 dicembre 1913 (Vallauri, Barbagelata, Bordoni).

Nel 1931, sotto la Presidenza di Ugo Bordoni, Egli venne eletto Segretario Generale del nostro Sodalizio, incarico che, per molti di noi, si identifica con il Suo nome poichè la fiducia dei Colleghi ve lo mantenne ininterrottamente per un trentennio.

Se è vero che non vi fu Congresso della nostra Associazione al quale Egli non intervenisse, dall'epoca della Sua iscrizione — tranne l'ultimo di Venezia, al quale non poté partecipare per via delle Sue precarie condizioni di salute — è vero, altresì, che non vi è stata manifestazione od attività, di tutto l'ultimo trentennio, alla quale non sia stato associato il Suo nome. I Presidenti Generali che si sono susseguiti al governo dell'AEI hanno avuto in Lui un collaboratore prezioso che ha impersonato la continuità dello spirito impresso al Sodalizio dal suo Fondatore. Così, è stato l'animatore delle varie ricorrenze e l'ispiratore di molte iniziative intese a mantenere l'AEI all'avanguardia nel campo della scienza e della tecnica; Lo abbiamo visto costantemente sulla breccia nel periodo cruciale del secondo conflitto, durante il quale la Sede centrale dell'Associazione venne distrutta dai bombardamenti — e di nuovo in prima linea per la ripresa dell'attività dell'AEI, subito dopo la liberazione. E gran parte dei Consoci sa quanto duri e difficili furono gli anni del dopoguerra, durante i quali gravò sull'Italia il peso della ricostruzione degli impianti elettrici, eseguita a tempo di record e partendo spesso dal nulla!

Fu durante il trentennio in cui Angelo Barbagelata resse la Segreteria Generale dell'AEI che questa conobbe i maggiori sviluppi ed estese la sua attività tanto e così felicemente da essere spesso designata ad alti compiti di consulenza tecnica del Governo nel campo della elettro-

tecnica. Con l'assunzione dell'alto incarico da parte di Angelo Barbagelata, coincise il passaggio del nostro Sodalizio e del CEI sotto l'alto patronato del Consiglio Nazionale delle Ricerche mentre, appena tre anni dopo, il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, in seduta plenaria, dava il suo alto riconoscimento alle Norme elaborate dal CEI, raccomandando che ad esse venisse data forza di legge, ciò che fu fatto in seguito.

Risale ancora a quell'epoca l'importanza data dalla AEI ai problemi delle radiotrasmissioni e delle comunicazioni elettriche in genere, sia con la costituzione di Comitati competenti presso le Sezioni, sia con l'introduzione nelle Riunioni annuali del tema dedicato alle « correnti deboli » a fianco a quello delle « correnti forti ».

Sempre poco dopo il 1931 nasceva, per iniziativa di Giancarlo Vallauri, ma con la fervida collaborazione di Angelo Barbagelata, la rivista « Alta Frequenza ».

Anche i cicli di taratura ebbero in Lui un propulsore impareggiabile.

Alla Sua sollecitudine di Maestro, i giovani dei nostri Atenei devono l'istituzione dei Gruppi di Soci juniores, grazie ai quali essi possono entrare nel nostro Sodalizio e viverne la vita con onere veramente modesto.

La vita di Angelo Barbagelata è così intimamente legata a quella del nostro Sodalizio, che non è possibile percorrere lo storia di esso senza ricordarsi di Lui ad ogni passo.

Egli è stato per vari decenni il più geloso custode di quelle nobili tradizioni della nostra Associazione che ripetono la loro origine dal sommo Galileo Ferraris — Fondatore e primo Presidente Generale del Sodalizio —, ma Egli non fu un « conservatore »: la sua mente ed il suo operato furono sempre tesi verso una costante evoluzione dell'AEI e del CEI, verso quelle iniziative e quegli orientamenti che il rapido progredire della tecnica rendevano necessari.

Egli fu sempre fautore delle innovazioni e dell'aggiornamento degli indirizzi dell'AEI e quando una iniziativa aveva fatto il suo tempo, era il primo a proporla l'abbandono, e quando nuove esigenze consigliavano l'adozione di provvedimenti era ancora Lui che, dopo lunga meditazione, indicava la via migliore.

Questa Sua particolare caratteristica non è venuta meno neppure negli ultimi anni, quando l'età e il Suo stato di salute avevano progressivamente attenuato le Sue energie.

Chi scrive ricorda come sin dal primo profilarsi delle applicazioni dell'energia nucleare, e più in generale dei recentissimi sviluppi della fisica atomica e della elettronica, Egli insistesse per un attivo orientamento dell'AEI anche verso le nascenti nuove branche della tecnica che da tali progressi della scienza prendevano origine.

Barbagelata fu, tra l'altro, convinto sostenitore della scelta dei temi adottati per la Riunione annuale del 1959, che riguardavano appunto i progressi della energia nucleare e della elettronica ed auspicò sempre, attivamente,



che le pubblicazioni dell'Associazione riservassero sempre maggiore spazio a lavori destinati all'aggiornamento dei nostri tecnici.

Sta ora a noi della Presidenza Generale, dell'Ufficio Centrale, delle Presidenze di Sezione, sta ai soci tutti di *continuare* sulla traccia segnata da Barbagelata. Ho detto di *continuare* e cioè di *progredire* nella direzione che la nostra Associazione segue da oltre un sessantennio.

È questo l'impegno morale che, in omaggio alla memoria di chi ne fu assertore ed artefice, gli organi direttivi dell'AEI assumono, sicuri del contributo che Colle-

ghi, Collaboratori e Soci tutti daranno all'Associazione in segno di affettuosa gratitudine verso di Lui che a sì nobile fine si è dedicato con tanta generosa larghezza.

Rievocando una espressione con cui in una riunione relativamente recente di Consiglio Generale dell'AEI mi rivolsi a Lui, concludo questo breve, affettuoso indirizzo additando, ancor oggi, e per le future sorti del nostro Sodalizio, in Barbagelata il « Nume tutelare » della Associazione Elettrotecnica Italiana.

A. M. ANGELINI

---

Non ho avuto il piacere di ascoltare la parola di Angelo Barbagelata dai banchi della scuola; il primo incontro con Lui risale alla Riunione Annuale dell'AEI del 1924 e mi resta ancor vivo il ricordo della Sua benevola attenzione per un mio modestissimo studio.

A poco a poco ai sentimenti di devozione e di stima si sono aggiunti quelli di una affettuosa amicizia, sempre contornata dall'ammirazione per il Maestro.

L'amico Angelini ha qui ricordato le Sue doti di mente e di cuore ed io sento di non dover aggiungere parole, perchè penso che il modo migliore per onorare uomini come Lui, di fervida operosità e di esemplare modestia, consista nella semplice rievocazione delle opere. A me spetta l'onore di dire di quel particolare, ma non ristretto, settore della multiforme Sua attività, che si riflette in un cinquantennio di lavoro del Comitato Elettrotecnico Italiano.

Collaboratore assiduo nei primi anni di vita del nuovo Ente, costituito nel 1907 dall'AEI su invito della International Electrotechnical Commission, Egli subito avvertì l'importanza dei compiti e ben presto divenne il perno di quella attività che, indirizzata prima da Guido

Semenza e poi da Luigi Lombardi, ha recato così ampio e sicuro beneficio all'affermazione italiana nel settore elettrotecnico.

Dopo la inevitabile stasi nei rapporti internazionali e la quasi completa cessazione dell'attività nazionale, provocata dalla guerra, nel 1946 il Comitato Elettrotecnico Italiano, era praticamente dissolto.

La sua ricostituzione, è merito indiscusso della volontà, dell'amore e del prestigio di Angelo Barbagelata. Prima come Commissario, nominato dal CNR, e poi come Presidente, Egli ha saputo in brevissimo tempo superare difficoltà che solo la ferma convinzione nell'utilità dell'opera, svolta in pieno disinteresse, consente di vincere.

A noi spettano oggi compiti probabilmente assai meno ardui, ma il pensiero di mantenere l'istituzione a quel livello di dignità che il Suo nome impone ci impegna grandemente. Ci sorregge e ci conforta il ricordo della Sua immagine, serena e paterna, anche nel giudizio delle nostre manchevolezze.

G. SOMEDA



PRODUZIONE COMBINATA DI FORZA MOTRICE E DI CALORE, CON SPECIALE RIGUARDO ALLE INSTALLAZIONI DI TURBINE A VAPORE A CONTROPRESSIONE

C. CASTELLANI (\*)

*Conferenza tenuta alla Sezione di Milano il 17 marzo 1960*

1. - La trasformazione di energia calorifica in energia meccanica si compie, nelle macchine motrici in uso, in conformità al secondo principio della termodinamica, secondo il quale solo una parte del calore disponibile alla temperatura più alta può essere trasformato in lavoro, mentre la residua parte resta sotto forma di calore disponibile alla temperatura più bassa.

Quando lo scopo da raggiungere è solo quello di ottenere forza motrice, vi è dunque l'interesse ad accrescere quanto possibile la temperatura della sorgente calda e diminuire invece quanto possibile la temperatura allo scarico, fino a limiti tali che il calore residuo non può praticamente essere utilizzato e viene tutto perduto; ma se contemporaneamente al fabbisogno di forza motrice vi è da soddisfare il fabbisogno di calore, come il riscaldamento civile o industriale per cui si rende necessario disporre di una determinata temperatura, può convenire

limitando la trasformazione in lavoro, ma utilizzando per contro tutto il calore residuo alla temperatura occorrente per poterlo sfruttare.

In pratica, mentre nel caso di sola produzione di forza motrice si può arrivare a temperatura allo scarico fra 10 e 30 °C circa (temperature alle quali non è certo conveniente un'utilizzazione qualsiasi del calore residuo) le temperature a cui è invece possibile una conveniente utilizzazione di tutto il calore residuo sono dell'ordine di 80÷100 °C per i consumi civili e di 150÷200 °C per il riscaldamento industriale.

2. - La produzione combinata di calore e di lavoro può essere ottenuta con uno qualunque dei sistemi in uso per produrre forza motrice a partire da fonti calorifiche, e cioè con le motrici e le turbine a vapore, con i motori Diesel ed i motori a gas, con le turbine a gas.

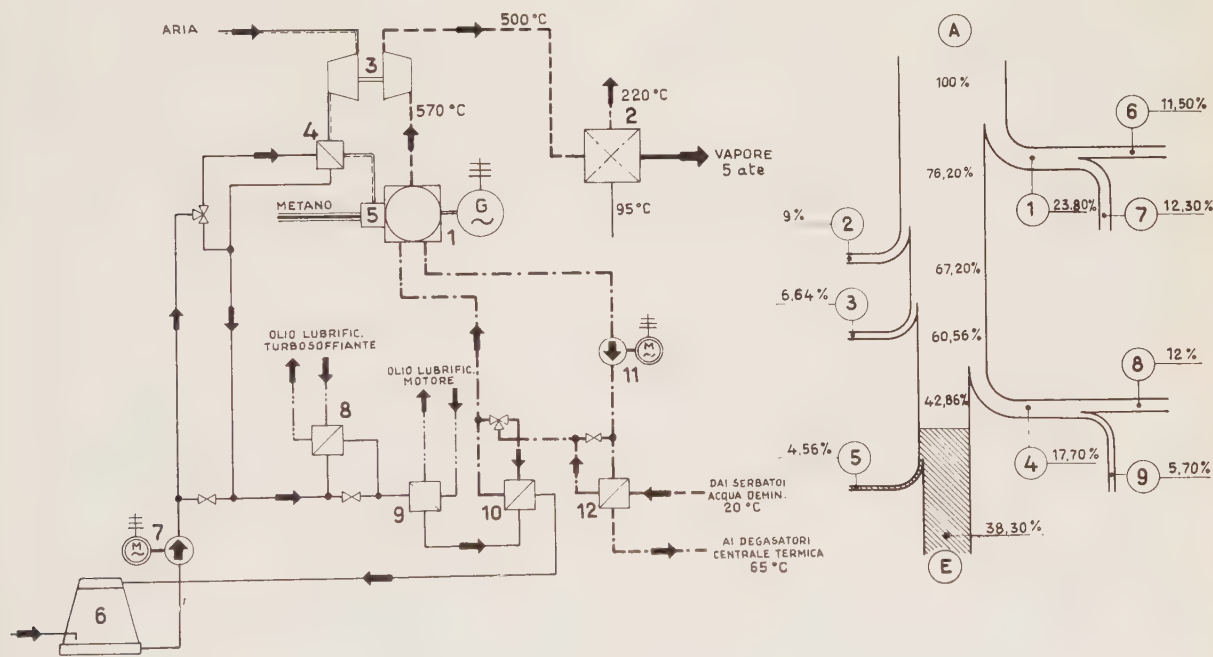


Fig. 1. — Gruppo dieselettrico (con generatore di vapore a gas di scarico).

- 1 - gruppo Nordberg da 2500 kW
- 2 - caldaia ricupero gas di scarico
- 3 - turbosoffiante
- 4 - scambiatore aria turbosoffiante
- 5 - regolatore automatico dei giri
- 6 - torre refrigerante
- 7 - elettropompa acqua chiliarficata
- 8 - scambiatore olio lubrificante turbosoffiante
- 9 - scambiatore olio lubrificante motore
- 10 - scambiatore acqua cilindri motore
- 11 - elettropompa acqua raffreddamento cilindri
- 12 - scambiatore acqua demineralizzata

- A - energia totale consumata
- E - energia elettrica prodotta al netto
- 1 - calore gas scarico
- 2 - calore asportato da raffreddamento aria
- 3 - calore asportato da raffreddamento olio lubrificante
- 4 - calore asportato da raffreddamento acqua refrigerante cilindri
- 5 - perdite alternatore
- 6 - calore gas di scarico recuperato in caldaia
- 7 - calore gas di scarico non recuperabile
- 8 - calore acqua refrigerante cilindri recuperato (mediante preriscaldamento acqua alimento caldaia)
- 9 - calore acqua refrigerante cilindri non recuperato

restituire ad una temperatura superiore il calore residuo,

(\*) Dott. Ing. CLAUDIO CASTELLANI, Direttore del Settore Energia del Gruppo Montecatini.

3. - Con i motori Diesel ed i motori a gas, o dual-fuel, la temperatura dei gas di scarico è dell'ordine di  $450 \div 550^\circ\text{C}$ .



Nei motori di una certa potenza l'aria comburente regolata secondo il carico, in modo da ottenere una miscela con proporzioni assai vicine al valore stechiometrico, viene introdotta nei cilindri ad una certa pressione, ciò che si ottiene con turbo-compressore di sovralimentazione azionato dai gas di scarico.

Si ottiene così riduzione del volume della camera di scoppio, conseguente minor peso per unità di potenza e rendimento aumentato, in quanto i gas di scarico vengono raffreddati dalla espansione nella turbina del gruppo di sovralimentazione.

La parte di calore contenuta nel combustibile, trasformata in lavoro, raggiunge il 38÷40 %. Il restante 60 % è perduto nelle installazioni che producono solo forza motrice (meccanica od elettrica), mentre una parte notevole può essere recuperata ed utilizzata se essi sono installati in uno stabilimento le cui lavorazioni hanno bisogno di calore di riscaldamento.

I gas di scarico possono alimentare caldaie a ricupero, raffreddandosi da 500÷400 °C circa fino a 200÷220 °C, producendo vapore (che è il veicolo di calore più generalmente usato negli stabilimenti industriali); inoltre l'acqua di raffreddamento delle camicie dei cilindri può essere usata per riscaldare l'acqua di alimentazione delle caldaie di ricupero.

In particolari installazioni, ad esempio in una in funzione dove sono installati quattro motori a gas Nordberg da 2 500 kW ciascuno, che marciano in parallelo con turboalternatori a contropressione e con la rete esterna, si riesce a recuperare il 22 % del calore contenuto nel combustibile, raggiungendo così un'utilizzazione complessiva del 60 %, di cui il 38 % in lavoro ed il 22 % in calore utile. Il rapporto fra energia elettrica prodotta e calore recuperato è così di 1,83.

In certi casi, come ad esempio nelle applicazioni a bordo delle navi, il ricupero di calore è effettuato per altra via, distillando sotto vuoto acqua marina per ricavarne acqua distillata.

4. - La turbina a gas può essere anche essa adoperata per produzione combinata di forza motrice e di calore. I gas di scarico sono in quantità assai maggiore a quella

dei preriscaldatori di calore, che preriscaldano il combustibile e l'aria, compressa dal compressore, prima della immissione nella camera di combustione.

La quantità di calore sviluppata dal combustibile immesso nella camera di combustione, viene trasformata in energia elettrica netta, con rendimenti che vanno dal 16 al 24 %.

Il restante 84÷76 % viene disperso prevalentemente dal calore contenuto nei gas di scarico e da quello acquistato dall'acqua di raffreddamento dei refrigeranti del compressore.

Se la turbina è installata in uno stabilimento che fa uso di vapore per riscaldamento industriale o di acqua calda, una parte del calore contenuto nei gas di scarico può essere utilizzata in generatori di vapore a ricupero. Tuttavia, la temperatura dei gas uscenti dal generatore a ricupero resta generalmente intorno ai 200 °C, ma non può essere comunque inferiore (se il combustibile contiene zolfo) a 160 °C; e poichè la quantità di gas di scarico è enormemente superiore a quella che corrisponderebbe alla combustione in proporzioni stechiometriche di combusto e comburente (circa 4÷6 volte), le perdite di calore contenuto nei gas che si scaricano all'atmosfera sono sempre notevoli.

Con lo schema rappresentato in fig. 2 e relativo ad una turbina a gas in ciclo aperto, alimentata a nafta ed accoppiata ad alternatore, capace di erogare in rete, al netto della potenza assorbita dai motori ausiliari, 5 000 kW netti, il 18,9 % del calore sviluppato dal combustibile viene trasformato in energia; l'acqua di refrigerazione compressori, di cui il calore viene utilizzato per l'alimento del generatore di vapore a ricupero, ed i gas di scarico che entrano nel generatore stesso cedono a questo il 44,5 % del calore sviluppato dal combustibile, sotto forma di vapore a 5 kg/cm<sup>2</sup> leggermente surriscaldato.

Il rendimento complessivo della produzione combinata è così del 63,4 %, di cui il 18,9 % sotto forma di energia elettrica, il 44,5 % sotto forma di calore utilizzabile contenuto nel vapore prodotto dal generatore a ricupero.

Il rapporto fra energia elettrica prodotta e calore recuperato è di circa 0,75.

Un migliore rendimento complessivo si può ottenere

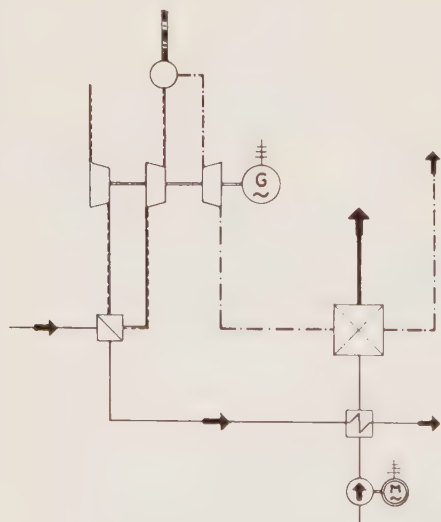
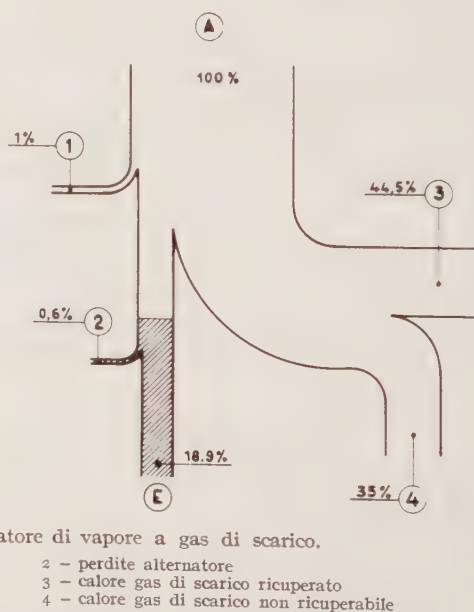


Fig. 2. — Turbina a gas combinata con un generatore di vapore a gas di scarico.

A — energia totale consumata  
E — energia elettrica prodotta al netto  
L — calore asportato da raffreddamento olio lubrificante



2 — perdite alternatore  
3 — calore gas di scarico recuperato  
4 — calore gas di scarico non recuperabile

dei gas scaricati dai motori a combustione interna, in rapporto al combustibile bruciato. In effetti si tratta di una macchina che funziona a gas caldi compressi e che ne sfrutta l'espansione. La temperatura dei gas di uscita dalla turbina a gas si aggira intorno ai 400÷450 °C, prima

con la turbina a gas, se i gas di scarico, composti prevalentemente da aria calda, sono impiegati come aria comburente in una camera di combustione di una caldaia, che può produrre o vapore a bassa pressione utilizzabile dallo stabilimento o anche vapore ad alta pressione che



alimenta una turbina a vapore mista a contropressione ed a condensazione.

In questo caso il rendimento massimo si ha quando la quantità di vapore estratto dalla turbina nella parte che lavora a contropressione è massima ed è invece minima (ossia dell'ordine dell'8÷12 %) quella che, attraverso il corpo a bassa pressione, va al condensatore.

Il difetto di un ciclo composto come quello descritto è la grande sproporzione fra le quantità di combustibile che alimentano la camera di combustione della turbina a gas e quella della caldaia, che sono circa nel rapporto uno a dieci.

Inoltre, essendo l'aria di combustione già disponibile a temperature elevatissime, i fumi della caldaia escono assai caldi alla base del camino, non potendo essere usati per i preriscaldatori d'aria; se poi anche l'acqua di condensa del vapore ritorna in ciclo ed è già calda, anche gli economizzatori possono essere appena sufficienti ad abbassare la temperatura dei fumi alla base del camino, a temperature che raramente possono discendere sino a 200 °C.

La fig. 3 dà lo schema di un tale impianto misto.

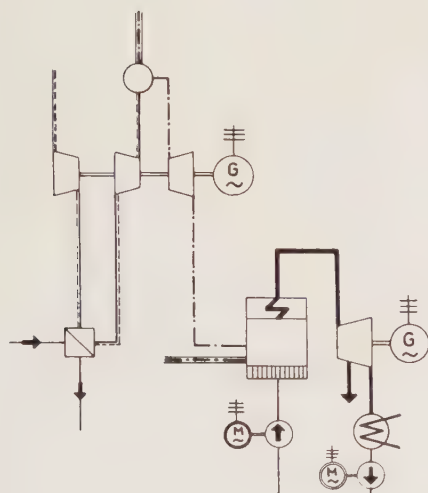
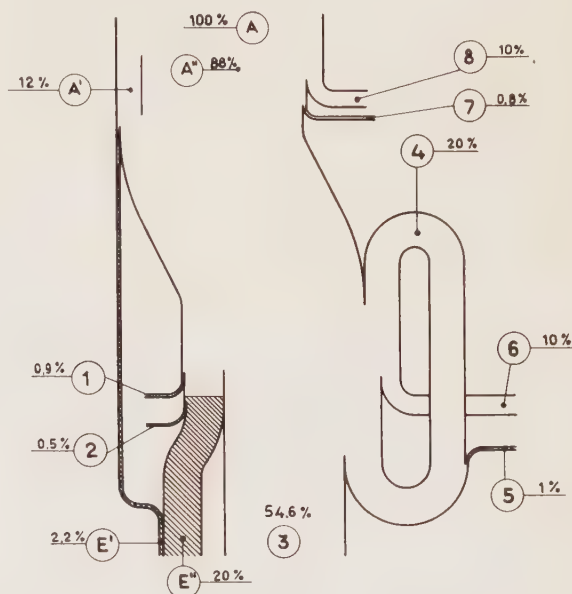


Fig. 3. — Turbina a gas combinata con una centrale a vapore mista a contropressione e condensazione.

A - energia totale consumata  
A' - energia consumata dalla turbina a gas  
A'' - energia consumata dal generatore di vapore  
E' - energia elettrica prodotta dalla turbina a gas  
E'' - energia elettrica prodotta dalla centrale a vapore  
r - calore asportato da raffreddamento olio lubrificante  
2 - perdite alternatore



3 - calore recuperato a contropressione  
4 - calore apportato dall'acqua di alimento  
5 - dispersioni del ciclo di preriscaldamento  
6 - perdite al condensatore  
7 - perdite per irraggiamento  
8 - perdite al camino

Come si vede, per 12 unità di combustibile introdotte nella camera di combustione della turbina a gas, ed 88 introdotte in caldaia, si hanno, nell'esempio illustrato alla fig. 3, 2,2 unità di energia elettrica netta dal turboalternatore a gas, 20 unità massime di energia elettrica netta, quando la parte a condensazione della turbina lavora al minimo corrispondente a 5 unità di energia elettrica nette. Le unità utilizzate come calore sono quelle contenute nel vapore generato dalla caldaia, che nell'esempio illustrato sono 54,6.

Il rendimento complessivo massimo quando la parte a condensazione è minima, è del 76,8 %, di cui il 22,2 % sotto forma di energia elettrica ed il 54,6 % sotto forma di calore contenuto nel vapore estratto dalla turbina ed utilizzato nello stabilimento annesso.

Il rapporto fra energia elettrica netta e calore utilizzabile sotto forma di calore è di 0,41 e si vede subito quanto sia piccolo il rapporto fra energia elettrica prodotta dal

turbo-gas e quella prodotta dalla turbina a vapore a contropressione (circa 1/10).

L'installazione della turbina a gas non sarebbe, in questo caso, giustificata, in quanto la piccola maggiorazione della potenza elettrica resa, in confronto a quella che si potrebbe avere con una caldaia normale con combustibile aria (che avrebbe fra le altre cose anche un miglior rendimento, potendo far uso di un preriscaldatore d'aria), non sarebbe in proporzione con la maggiore spesa di impianto e con la complicazione di esercizio portata da un ciclo misto, in cui l'aria combustibile contenuta nei gas di scarico della turbina a gas dovrebbe essere regolata in proporzione al vapore prelevato dalla caldaia.

5. - Il sistema più generalmente usato per la produzione combinata di calore e di energia è quello di ricorrere a turbine a vapore, a contropressione od a condensatore caldo, oppure a turbine miste a contropressione e condensazione (cioè turbine a condensazione da cui viene spillato vapore ad una certa pressione per essere utilizzato come veicolo di calore per il fabbisogno dello stabilimento industriale).

La produzione di energia elettrica ottenuta con turbine a contropressione pura, che utilizzano l'espansione del vapore dalla pressione e temperatura generate in caldaia fino alla pressione a cui il vapore è richiesto dalla fabbrica industriale, è quella che riveste un'importanza preponderante rispetto a tutti gli altri sistemi citati, ciò essendo dovuto al fatto che la maggior parte degli stabilimenti della industria chimica, cartaria e tessile abbisognano di calore a temperature costanti e determinate, quali possono essere fornite dalla condensazione del vapore a determinate pressioni, generalmente dell'ordine di 5 a 18 kg/cm<sup>2</sup>, oppure (industria petrolchimica) di vapore che entra direttamente in reazione con idrocarburi od altre sostanze a pressioni determinate.

I fabbisogni di calore di uno stabilimento industriale, che possono essere soddisfatti con temperature intorno ai 100 °C o di poco superiori, quali potrebbero essere ottenute con acqua pressurizzata ottenuta con una turbina



a condensatore caldo, sono generalmente modesti e limitati al riscaldamento di ambienti o all'essiccazione.

La turbina con condensatore caldo può essere invece, con vantaggio, impiegata per impianti centralizzati destinati a servire grossi agglomerati urbani che, tanto per riscaldamento di ambienti, che per consumo di acqua calda, abbisognano di temperature dell'ordine di 40-80 °C.

L'importanza assoluta e relativa della produzione combinata di vapore e di energia elettrica da turbine a contropressione è indicata dal quadro seguente, relativo ai Paesi della Comunità Europea ed all'Austria:

Paesi	Produzione in contropressione 1957			Stima produzione in contropressione nel 1965
	in 10 <sup>6</sup> kWh	in % della autoprod.	in % del totale	in 10 <sup>6</sup> kWh
Germania Occ. . .	18 000	58,0	21,3	30 000
Austria . . . . .	564	21,7	4,8	700
Belgio . . . . .	300	5,4	2,4	475
Francia . . . . .	2 500	12,4	4,4	3 125
Olanda . . . . .	875	32,4	6,9	1 200
Italia . . . . .	667	9,7	1,6	1 600
Totale e medie. .	22 906	31,0	10,0	37 500

Si vede dalla tabella che la produzione dell'energia elettrica con turbine a contropressione varia essenzialmente da un Paese all'altro tanto in valore assoluto che in valore relativo.

Gli scarti si spiegano in ordine principale sia col grado differente di sviluppo delle industrie, soprattutto chimiche e tessili, forti consumatori di calore, sia con le disponibilità nazionali di combustibili o di altre fonti di energia, specialmente idroelettriche, sia infine dalle possibilità diverse da Paese a Paese di ottenere dalle reti di servizio pubblico l'energia di integrazione e quella di riserva ed eventualmente di versarvi l'energia elettrica producibile in eccedenza al fabbisogno delle fabbriche.

L'incremento di circa 15 miliardi di kWh previsto nel giro di pochi anni per la produzione di energia elettrica con turbine a contropressione per i soli Paesi della Comunità mette in evidenza quale sia l'importanza del fenomeno nel quadro dell'economia energetica.

6. - La produzione combinata di calore e di forza motrice mediante la turbina a contropressione o quella a condensatore caldo è quella che offre il maggior rendimento energetico in confronto ai sistemi (Diesel o turbine a gas) accoppiati a caldaie a ricupero, sopra citati.

Le perdite complessive di calore si riducono alle perdite al camino della caldaia, alle perdite di irradiazione delle caldaie, del macchinario e delle tubazioni, alle perdite meccaniche e di ventilazione delle macchine ruotanti, alle perdite nei circuiti elettrici ed a quelle di acqua di condensa non recuperate.

Tutto il calore sviluppato dal combustibile nella camera di combustione della caldaia, all'infuori delle perdite relativamente piccole sopra citate, viene utilizzato o come energia meccanica od elettrica o come vapore, senza che vi sia quella importantissima perdita che si verifica nella produzione di sola energia meccanica od elettrica nelle turbine a condensazione e che è costituita dal calore disperso nell'acqua di refrigerazione dei condensatori ad essa trasmesso dalla condensazione del vapore.

In una grossa installazione per sola produzione di energia con turbine a condensazione per ogni 100 unità energetiche (calore di combustione) immesse nel focolare, la energia elettrica resa ai morsetti dell'alternatore (deduzione fatta dell'energia assorbita dai servizi ausiliari) rappresenta il 39 %, che è fra i massimi rendimenti che si possono ricavare sotto forma di energia elettrica in una installazione qualsiasi.

Ma tale resta anche il rendimento energetico totale, in quanto nessuna delle quantità di calore uscenti dal ciclo è utilizzata esternamente ad esso.

Consideriamo ora un impianto con turbina a contropressione, annesso ad una fabbrica che utilizza il vapore alla pressione di 4,5 kg/cm<sup>2</sup>.

Lo schema di cui alla fig. 4 è relativo ad un'installazione esistente e funzionante, di potenza assai inferiore al caso sopra esaminato (circa un quarto come quantità di calore immesso nella camera di combustione).

Il generatore di vapore ha una produzione di 125 t/h, alla pressione di 110 kg/cm<sup>2</sup> ed alla temperatura di 520 °C. Una parte del vapore, e precisamente da 0 a 40 t/h, viene estratto alla pressione di circa 20 kg/cm<sup>2</sup> ed alla temperatura di 260 °C, ed è in parte utilizzato nella centrale stessa per riscaldamento dell'acqua di alimentazione della caldaia ed in parte preponderante avviato verso utilizzazioni della fabbrica che richiedono la temperatura elevata corrispondente alla condensazione del vapore a 18 kg/cm<sup>2</sup> e per l'azionamento delle turbopompe di alimentazione della caldaia; l'altra parte del vapore, e precisamente da 120 a 80 t/h, è estratta dall'ultima espansione della turbina alla pressione di 4,5 kg/cm<sup>2</sup> ed alla temperatura di 200 °C ed è in parte impiegato nella centrale stessa per preriscaldamento dell'acqua ed in parte preponderante avviato all'attiguo stabilimento industriale, che restituisce solo il 30 % dell'acqua di condensazione a temperatura di 60 °C, mentre il restante 70 % proviene a temperatura di 20 °C da un impianto demineralizzatore.

La potenza elettrica misurata ai morsetti dell'alternatore, deduzione fatta di quella assorbita dai motori elettrici della centrale, è di 19 000 kW, quando il vapore è tutto estratto a 4,5 kg/cm<sup>2</sup>. L'energia elettrica netta rappresenta il 18,5 % dell'energia calorifica immessa nel focolare (*E*). Tale rendimento in energia elettrica è assai meno della metà di quello che si è visto nel caso prima considerato, ma il calore contenuto nel vapore avviato alla fabbrica, alle due pressioni, è tutto utilizzato. Se non vi fosse stato l'impianto a contropressione, quel vapore avrebbe dovuto essere prodotto con apposite caldaie a bassa pressione.

Le perdite nel ciclo sono costituite solo da quelle al camino (1) (circa l'8 %), da quelle per irradiazione caldaia macchinari e tubazioni da quelle meccaniche ed elettriche del macchinario principale e degli ausiliari e da perdite varie.

Il calore contenuto nel vapore di scarico ed utilizzato dalla fabbrica (5) è del 59 % di quello consumato nel focolare, oltre l'11 %, comprendente quello perduto per la distribuzione del vapore in fabbrica (3 %), quello per il mancato recupero di parte delle condense (8 %).

Il rendimento energetico totale uscita centrale è quindi di 88,5 %, molto superiore a quello realizzabile con motori Diesel o con turbine a gas con ricupero di calore dei gas di scarico.

Pur mantenendosi di questo ordine di grandezza il rendimento energetico totale, nell'impianto rappresentato dallo schema il rapporto fra energia elettrica ed energia calorifica utilizzata può variare da 0,26, quando lo stabilimento fa uso della massima quantità di vapore a 18 kg/cm<sup>2</sup> consentita dall'installazione (40 t/h), a 0,31 quando lo stabilimento ritira tutto il vapore alla pressione minore.

Questi rapporti variano poi da impianto ad impianto secondo le pressioni e le temperature del vapore di cui ha bisogno la fabbrica, secondo la mole dell'installazione intesa come quantità totale di calore necessario alla fab-



brica e secondo la pressione e la temperatura di generazione in caldaia, che se scelte convenientemente al fine di ottenere i risultati economicamente convenienti, dipendono anche esse dalla mole dell'installazione.

La quantità di calore utilizzata per produrre 1 kWh, definita come maggior consumo di combustibile dell'installazione a contropressione in confronto a quello che si verificherebbe producendo il vapore alla pressione e temperatura strettamente occorrenti alla fabbrica, varia da 1170 a 1060 kcal/kWh, secondo la potenza dell'installazione a contropressione, come indicato dal grafico n. 5, i cui punti sono stati dedotti da quelli rilevati da installazioni reali funzionanti.

nata caso per caso. Essa dipende da diversi elementi, di cui i principali sono: quantità totale di vapore necessario per i fabbisogni dello stabilimento industriale, quantità di energia elettrica da questo assorbita, utilizzazione degli impianti, andamento dei diagrammi di consumo di vapore e di consumo di energia elettrica, costo dell'energia elettrica, necessaria per integrare quella prodotta a contropressione quando questa non è sufficiente alla richiesta dello stabilimento (sia che questa energia di integrazione venga prodotta in proprio, sia che essa venga prelevata da una rete di distribuzione), realizzo per la energia da contropressione che eventualmente (caso raro) superi i quantitativi richiesti dallo stabilimento (cioè che

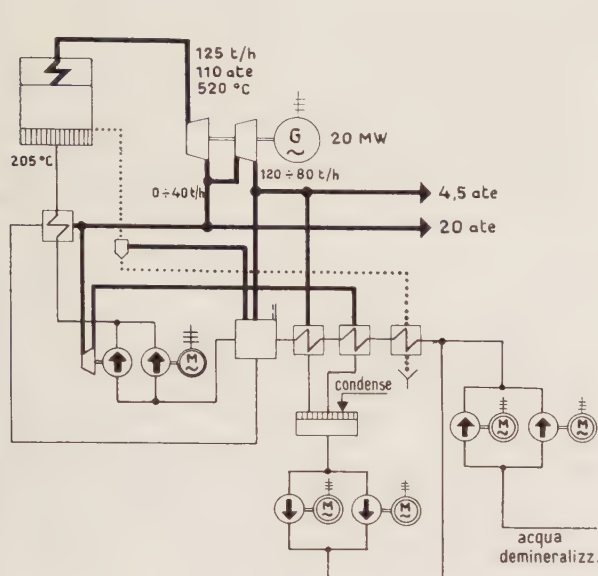
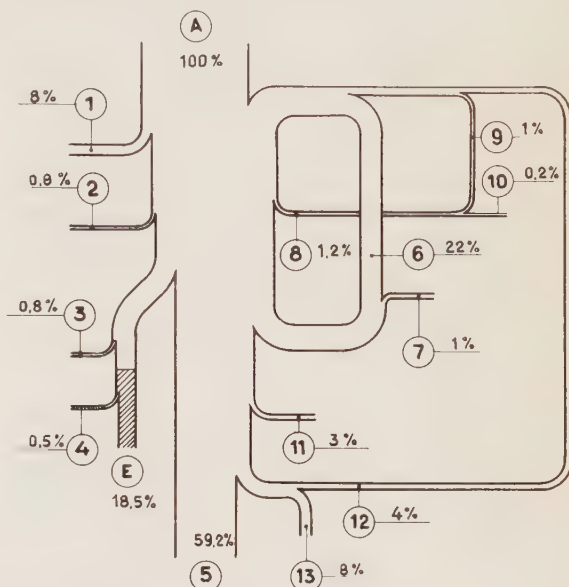


Fig. 4. — Turboalternatore a contropressione.

- A - energia totale consumata
- E - energia elettrica prodotta al netto
- 1 - perdite al camino
- 2 - perdite per irraggiamento
- 3 - calore asportato per raffreddamento olio lubrificante
- 4 - perdite alternatore
- 5 - calore utile per le lavorazioni
- 6 - calore apportato dal ciclo di preriscaldamento



- 7 - dispersioni del ciclo di preriscaldamento
- 8 - calore asportato dallo spurgo continuo
- 9 - calore dello spurgo continuo recuperato
- 10 - calore dello spurgo continuo non recuperabile
- 11 - perdite di rete vapore ed utilizzatori
- 12 - calore recuperato dalle condense
- 13 - calore delle condense non recuperabile

Indipendentemente dalla convenienza economica, che va esaminata caso per caso, a ricorrere ad una produzione combinata di energia elettrica e di calore industriale sotto forma di vapore mediante turbine a contropressione, piuttosto che a produzioni separate, è bene rilevare quale considerevole vantaggio offra la prima soluzione dal punto di vista energetico, in quanto ogni kWh generato con la turbina a contropressione consuma una quantità di combustibile minore della metà di quella occorrente in una modernissima installazione a condensazione, come quella da noi inizialmente considerata.

Se si riflette che in Italia il combustibile consumato per produrre vapore usato dall'industria o come tale o per riscaldamento, si aggira su un quantitativo di  $30 \times 10^{12}$  kcal circa all'anno, e si suppone che su una parte di esso sia già effettuata la produzione a contropressione, su una parte non sia conveniente farla e che solo su un terzo del quantitativo totale sia possibile fare nuove installazioni in ragione di un rapporto di energia da 1 a 5 rispetto alle quantità di calore utilizzate nello stabilimento, si arriva ad un ordine di grandezza di  $1,5 \times 10^9$  kWh annui ottenibili con questo mezzo, ciò che fa vedere quale sia la importanza tecnica ed economica del problema.

7. - Considerazioni tecnico-economiche relative all'integrazione della energia, alla riserva del macchinario ed al parallelo con reti esterne di alimentazione.

La convenienza economica della produzione combinata di energia e di calore per uso industriale va esami-

è possibile solo se l'impianto è collegato con una rete di distribuzione energia), costo dell'energia di riserva, sia questa procurata in proprio oppure acquistata dalla rete pubblica.

Scopo di questa mia esposizione è appunto quello di esaminare in quali casi vi sia la convenienza tecnica ed economica di una produzione combinata di calore e di forza motrice.

8. - Comincerò dal caso più semplice e sempre più raro di uno stabilimento industriale che produce da sé stesso tutta l'energia meccanica od elettrica occorrente alle sue lavorazioni, senza acquistare o vendere energia elettrica alla rete di distribuzione pubblica; anzi, che non sia neanche elettricamente collegato né alla rete pubblica né a centrali elettriche di produzione propria situate in altre località o stabilimenti.

È evidente che in questo caso deve trattarsi di uno stabilimento di una certa importanza, perché la produzione di energia integratrice per piccole potenze installate ha dei costi troppo elevati per concorrere con quella di acquisto.

Supporrò inoltre che lo stabilimento abbia una lavorazione quasi continua, come è il caso delle industrie forti consumatrici di vapore, ad eccezione degli zuccherifici, che tuttavia nella stagione di funzionamento hanno diagrammi di assorbimento di vapore e di energia assai equilibrati.

Poiché i fabbisogni di vapore e di forza motrice dello



stabilimento non sono in generale tali da equilibrarsi ed inoltre non seguono generalmente lo stesso diagramma, nel caso in cui vengano installate turbine a contropressione per la produzione combinata e se queste non sono limitate al comando diretto di qualche macchina operatrice, turbopompe o turbocompressori, e sono invece accoppiate ad alternatori, occorre che questo funzioni in parallelo con altri generatori elettrici che forniscono la potenza di integrazione.

Può darsi che in alcuni periodi la potenza ricavata dalla distensione del vapore nelle turbine a contropressione sia superiore addirittura alla potenza richiesta dalla fabbrica: in questo caso non essendovi un collegamento esterno e non essendo così possibile realizzare l'energia di eccedenza, l'equilibrio si stabilisce facendo distendere parte del vapore attraverso l'apposito by-pass fra immissione e scarico di cui generalmente sono munite le turbine a contropressione, provvedendo anche ad un desurriscaldamento del vapore fino alla temperatura necessaria alla fabbrica.

Quando, caso addirittura rarissimo, le quantità di vapore fossero permanentemente superiori a quelle che attraverso la turbina a contropressione sono necessarie a produrre la potenza elettrica richiesta dalla fabbrica, si dovrà progettare l'installazione a contropressione o comunque farla funzionare per un valore di pressione alla uscita delle caldaie, tale da non generare con la distensione della turbina questo supero di potenza: riconducendoci quindi al caso in cui il supero di vapore è solo eccezionale.

Se si sceglie la via di una produzione separata del vapore e della energia elettrica, è evidente che la centrale elettrica deve non solo essere in grado di fornire la piena potenza  $P$  richiesta dalla fabbrica, ma deve disporre di adeguate riserve per essere in grado di fornire con continuità l'energia di cui lo stabilimento ha bisogno.

Dovranno inoltre essere installate caldaie con riserva sufficiente per fornire anche qui con continuità le quantità di vapore fino al massimo di cui lo stabilimento abbisogna, alla pressione e temperatura richieste.

Se invece si produrrà il vapore ad alta pressione e temperatura facendolo distendere in un turbogruppo a contropressione fino alla pressione (od alle pressioni che possono essere più di una) necessaria alla fabbrica, si avrà una maggiore spesa d'impianto per il maggior costo di caldaie ad alta pressione e per l'installazione di un gruppo a contropressione, che in questo caso non ha bisogno di riserva perchè a questa provvede la centrale principale. Nel caso che anche quest'ultima sia costituita da turbine a vapore a condensazione, la turbina potrà essere unica del tipo misto a contropressione e condensazione.

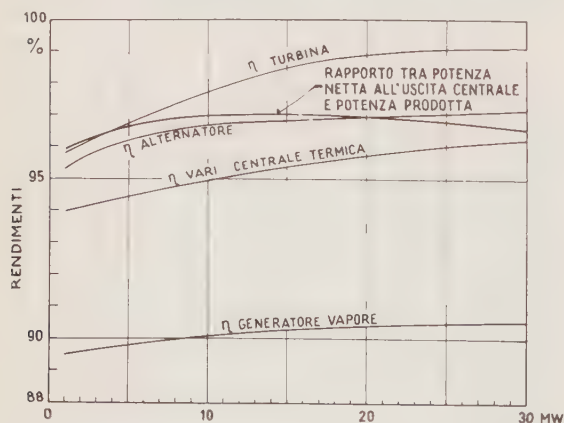


Fig. 5 a). — Diagramma indicativo dei valori medi dei rendimenti nelle centrali a contropressione (a pieno carico).

In confronto alla maggiore spesa annua derivante dal maggior costo d'impianto si avrà però disponibile una

potenza  $P_c$  generata a contropressione e le macchine dalla centrale principale dovranno generare solo in via normale l'energia richiesta entro la striscia di potenza  $P - P_c$ .

L'energia corrispondente al vapore che attraversa la turbina a contropressione origina un consumo di combustibile dell'ordine di 1170÷1060 kcal per kWh, mentre

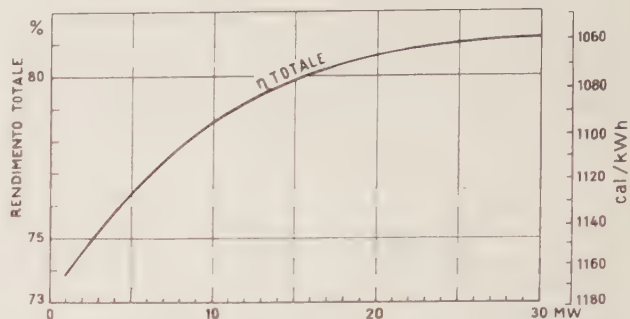


Fig. 5 b). — Diagramma indicativo del rendimento medio totale (a pieno carico) e dei consumi di calore per kWh prodotto, per centrali a contropressione di diversa potenza.

assai superiore è il consumo di combustibile che occorrerebbe per produrre la stessa quantità di energia nella centrale principale. Detto  $C$  questo consumo unitario ed  $E_c$  l'energia annuale generabile a contropressione, l'installazione di produzione combinata di vapore e di energia è conveniente tutte le volte che la differenza fra  $C$  e 1170÷1060 kcal, moltiplicata per  $E_c$  e per il prezzo  $p$  unitario della kcal combustibile, è superiore alla maggior spesa annua  $S_c$  richiesta per l'installazione delle caldaie ad alta pressione e per la turbina a contropressione e relativi ausiliari, quando cioè:

$$(C - 1100) p E_c > S_c.$$

Da un gran numero di installazioni progettate od eseguite si può ricavare che appena il consumo di vapore richiesto, con utilizzazione notevole dallo stabilimento, ad una pressione di 5 kg/cm<sup>2</sup>, è superiore alle 10 t/h, la installazione combinata a contropressione è sempre conveniente con sufficiente margine.

Per dare un'idea dell'importanza dei vantaggi economici che si possono avere anche nel caso di stabilimenti non collegati alle reti fornitrici di energia, citerò il caso di un grosso stabilimento per l'industria petrolchimica attualmente in costruzione a Brindisi. Questo prevede un fabbisogno di circa 240 t di vapore (massimo nella stagione invernale) a 5 kg/cm<sup>2</sup>, di poco surriscaldato (di cui 100 t prodotte da caldaie a ricupero installate nei reparti di produzione) e di circa 42 t di vapore a 18 kg/cm<sup>2</sup>.

La potenza elettrica richiesta dallo stabilimento, che ha tutto il macchinario comandato da motori elettrici, giunge fino a 90 MW. L'utilizzazione, tanto della potenza elettrica massima richiesta che delle quantità di vapore sopra citate, è prevista altissima: superiore ad 8000 ore per l'energia elettrica ed a 7000 ore per il vapore.

Sono installati due gruppi turboalternatori a contropressione, da 20 MW ciascuno, alimentati da generatori di vapore ognuno della potenzialità di 130 t/h di vapore a 115 kg/cm<sup>2</sup> e 525 °C e due gruppi turboalternatori a condensazione, con ciclo a risurriscaldamento intermedio e rigenerazione, da 40 MW ciascuno, alimentati da generatori di vapore ognuno della potenzialità di 140 t/h di vapore a 130 kg/cm<sup>2</sup> e 520 °C, con risurriscaldamento pure a 520 °C.

Quando sarà massima la quantità di vapore richiesto dalla fabbrica e cioè corrisponderà alle quantità sopra indicate, e la richiesta di potenza elettrica sarà di 90 MW, i gruppi a contropressione produrranno 35 MW e quelli a condensazione 55 MW.



È prevista la marcia contemporanea di tutti e quattro i gruppi per avere una riserva immediata in caso di arresto di uno di essi.

Se è fuori servizio un gruppo a contropressione per difetto della caldaia, il vapore corrispondente può essere estratto da un gruppo a condensazione in corrispondenza all'uscita del risurriscaldatore della caldaia, previo desurriscaldamento e riduzione alla pressione richiesta.

Se è fuori servizio un gruppo a condensazione, la potenza si riduce a 75 MW, che si possono spingere ad 80; in questo caso lo stabilimento ridurrà qualche sua lavorazione che non richieda vapore.

Attribuendo al vapore prelevato dalla fabbrica un valore uguale al costo che esso avrebbe avuto producendolo in apposite caldaie a 20 kg/cm<sup>2</sup>, il costo dell'energia elettrica complessivamente prodotta (tenuto conto della maggiore spesa annua da fronteggiare per il maggior costo d'installazione) è assai più basso di quello che si sarebbe avuto producendo tutto il quantitativo con turbine a condensazione, o prelevandolo dalla rete al minimo dei prezzi oggi praticati. L'economia annua è dell'ordine di 200 milioni di lire.

È previsto il collegamento della centrale citata anche con la rete nazionale di trasporto a 130 o 220 kV, oppure con altri stabilimenti dell'Italia Meridionale attualmente in progetto.

9. - Vengo ora ad esaminare, dal punto di vista della convenienza, il caso più frequente, anzi direi normale (in quanto l'esempio citato rappresenta un'eccezione) di uno stabilimento industriale allacciato ad una rete di distribuzione di energia elettrica.

Per giudicare della convenienza di ricorrere ad una produzione combinata entrano in gioco diversi elementi, supposto sempre, come ormai è d'uso, che sia consentito il parallelo fra i gruppi turboalternatori a contropressione e la rete di alimentazione.

Questi elementi sono:

a) il costo complessivo dell'energia prelevata dalla rete (fornitura normale), nel caso in cui non si ricorra alla produzione propria, cioè che si faccia una produzione separata di vapore con caldaie a bassa pressione;

b) il maggior costo annuo dell'installazione combinata, per le spese di capitale della maggiore installazione, per le maggiori spese di personale e di manutenzione, ecc. (spese fisse);

c) il costo del combustibile che occorre consumare in più per avere il vapore a pressione e temperatura più elevate;

d) la quantità di energia elettrica netta prodotta dai turbo a contropressione;

e) il costo complessivo dell'energia residua che occorre ancora prelevare dalla rete e che riveste carattere di fornitura di integrazione;

f) il costo della riserva di potenza da prelevare dalla rete, se si installa (come è conveniente in via generale) una sola unità a contropressione;

g) il ricavo dell'energia eventualmente eccedente, se la rete la acquista.

Se  $a$  è maggiore di  $b + c + e + f - g$ , l'installazione è conveniente.

È quasi evidente che se, come sopra accennato, è già conveniente equipaggiare di turbine a contropressione uno stabilimento completamente isolato ed autoproduttore di energia elettrica, quando la quantità oraria di vapore richiesto dalle lavorazioni supera le 10 t/h per una forte utilizzazione annua (circa 7 000 h), una convenienza ancora maggiore dovrebbe esservi nel caso di uno stabilimento allacciato alla rete, se si considera come unico il complesso della Società distributrice e dello stabilimento

utilizzatore, perchè il costo dell'energia di integrazione e del macchinario di riserva è certamente minore, salvo casi eccezionali, di quello che si incontra in un caso isolato.

Ma per esaminare la convenienza dal solo punto di vista dell'utente, occorrerebbe conoscere in anticipo (cioè all'atto del progetto) le tariffe per  $a$ ) e per  $e$ ) ed  $f$ ), che la Società distributrice applicherebbe per queste forniture.

In qualche Nazione queste tariffe non sono ugualmente regolamentate, specialmente per  $e$ ) ed  $f$ ) e sono diverse secondo i casi, ed è diverso perfino il loro rapporto.

Sicché giova fare il confronto in una regione dove vi siano tariffe prefissate e per di più stabilite in base ai costi, come avviene in Francia, dove la Electricité de France applica in ogni regione una tariffa (Tarif vert) binomia per le forniture normali e nel quadro di questa una tariffa d'integrazione (Tarif d'appoint) ed una tariffa di soccorso (Tarif de secours), tutte ben determinate.

In uno studio che sarà pubblicato fra breve, la Fédération Internationale Producteurs Industriels Auto-Consommateurs d'Energie (FIPACE) ha fatto l'esame di casi concreti per stabilimenti a forte utilizzazione, aventi bisogno di quantità diverse di vapore industriale e situati nella zona francese dell'Alsazia Lorena, supponendo nei diversi casi che la pressione e la temperatura del vapore da generare ad alta pressione fossero scelte al valore più conveniente in rapporto ai quantitativi in gioco.

Questo studio, preparato minuziosamente da un apposito Gruppo di lavoro, esamina quattro casi tipici con potenze dell'installazione a contropressione da 1 185 kW a 20 000 kW e porta a stabilire una percentuale di economia di spese annue, che giunge a più del 27 % per una installazione combinata di una potenza elettrica da 10 a 20 MW (consumo annuale di vapore, rispettivamente 675 000 e 882 000 t).

Precisamente, con il gruppo da 20 MW per il caso di una produzione di vapore di 126 t/h e 7 000 ore di utilizzazione — mentre con produzione separata la fornitura di energia normale dalla rete EdF costerebbe circa 860 milioni di franchi francesi all'anno — ricorrendo ad una produzione combinata si ha un risparmio dell'ordine di 249 milioni di franchi francesi.

#### CONCLUSIONI.

La produzione combinata di energia elettrica e di calore rappresenta un'economia notevole nel consumo di combustibili; le installazioni con turbine a condensatore caldo (prevalentemente usate per il riscaldamento urbano) e quelle industriali a contropressione sono molto promettenti ed in rapido sviluppo; la convenienza che esse presentano sia per l'industria che per l'interesse generale, giustifica la raccomandazione fatta ai Governi dei Paesi membri del Consiglio dell'OECE in data 7 agosto 1956 di prendere le misure in loro potere al fine d'incitare le industrie utilizzanti il vapore a produrre maggiori quantità di energia elettrica nelle installazioni a contropressione e favorire la conclusione di accordi fra produttori e distributori di energia e le industrie autoproduttrici.

Secondo il rapporto provvisorio che il Consiglio della FIPACE sottopose nel 1957 al Comitato dell'Energia dell'OECE, gli accordi fra le parti interessate dovrebbero riguardare:

a) l'utilizzazione sulla rete dell'energia prodotta in eccedenza dei suoi bisogni dall'autoproduttore;

b) la fornitura di energia complementare (di integrazione) e la fornitura di energia di soccorso in caso di avaria alla centrale di autoproduzione.

*Manoscritto pervenuto il 30 Marzo 1960.*



# MODERNI ORIENTAMENTI NELLA PROGETTAZIONE DEI VEICOLI PER METROPOLITANE

F. PERTICAROLI (\*)



Conferenza tenuta presso le Sezioni di Milano e di Roma dell'AEI, rispettivamente l'8 maggio 1959  
e il 4 giugno 1959.

*Vengono esaminate le caratteristiche delle moderne elettromotrici metropolitane con cerchi metallici, in rapporto alle esigenze connesse con questo particolare sistema di trasporto.*

*Metodi adottati per ridurre l'entità delle vibrazioni ed impedirne la propagazione. Impiego della gomma nei carrelli e ruote elastiche; sistemi di sospensione, con particolare riferimento a quelli di tipo pneumatico. Comodità di marcia.*

*Influenza delle caratteristiche del veicolo sulla tara specifica e conseguenti possibilità di alleggerimento.*

*Fattori determinanti la capacità di trasporto e la velocità commerciale in una metropolitana. Convenienza di ridurre i tempi di sosta; valore limite delle accelerazioni di avviamento. Caratteristiche dei diagrammi di trazione e consumi di energia. Confronto tra i consumi specifici dei veicoli su rotaie e su pneumatici.*

*Considerazioni sulla sicurezza di esercizio.*

## INTRODUZIONE.

In questi ultimi tempi hanno acquistato un notevole rilievo nel nostro Paese i problemi connessi con la progettazione e la costruzione delle metropolitane, suscitando un vivo interessamento anche al di fuori degli ambienti tecnici specializzati.

Le esigenze del servizio metropolitano pongono delle serie difficoltà al progettista, specialmente per quanto riguarda il materiale rotabile. Non basta infatti realizzare una elevata efficienza ed economia, come è imposto dalla necessità di sfruttare razionalmente impianti che richiedono ingenti investimenti di capitale e sono chiamati a disimpegnare un traffico che può arrivare, per ogni linea, a 50-60 000 passeggeri/ora per ciascuna direzione.

Occorre in primo luogo garantire la *sicurezza*; tale esigenza è sentita nelle metropolitane in misura di gran lunga superiore rispetto a tutti gli altri mezzi di trasporto pubblici, tanto da interessare più ancora che l'efficienza. Questa importanza preminente della sicurezza si spiega facilmente pensando alla natura del percorso, completamente in galleria, alla ristrettezza dello spazio, al gran numero di persone trasportate dai singoli convogli, specialmente nelle ore di punta, all'affollamento delle vetture, alla frequenza dei convogli, che raggiunge e supera i 40 treni/ora per ciascun senso di marcia.

Naturalmente la sicurezza, pur così importante, non esaurisce da sola le esigenze di una metropolitana. Legate con l'efficienza e con l'economia sono le altre caratteristiche, di importanza non trascurabile, riguardanti la leggerezza, le accelerazioni, la velocità commerciale, la capacità di trasporto, la silenziosità, il conforto di marcia, l'economia di esercizio.

Di fronte a tali esigenze, il progettista di un veicolo metropolitano cerca, come è naturale, di realizzare tutti i possibili perfezionamenti costruttivi.

In particolare, il desiderio di migliorare la silenziosità e la comodità di marcia ha spinto i tecnici verso nuove soluzioni, interessanti specialmente la parte meccanica del veicolo. In questo settore si è affermato l'impiego sempre più largo della gomma, nelle costruzioni di tipo classico su rotaia, mentre alcuni tecnici hanno studiato la possibilità di estendere alle metropolitane l'impiego di pneumatici, sostituendoli alle ruote con bordini d'acciaio. La trazione su pneumatici ha trovato, come è noto, la sua prima e finora unica applicazione, nel campo che qui ci interessa, nella linea n. 11 della metropolitana di Parigi.

In relazione a questi nuovi orientamenti, è interessante esaminare le possibilità offerte oggi dai veicoli su rotaia, considerandone i più recenti perfezionamenti tecnici.

## LE VIBRAZIONI - INFLUENZA DEL BINARIO.

Il problema delle vibrazioni, di capitale importanza per tutti i veicoli, si può sintetizzare per una ferrovia metropolitana nella esigenza di ridurre, per quanto possibile, le trepidazioni e gli scuotimenti causati in marcia dagli urti in corrispondenza delle irregolarità del binario. Il loro effetto si ripercuote infatti sfavorevolmente non soltanto sui viaggiatori, ma anche sulle strutture meccaniche delle vetture e sugli edifici situati in prossimità della linea. Da tenere presente a tale proposito che il percorso in galleria esalta particolarmente la rumorosità.

Per ovviare a questi inconvenienti, occorre seguire due sistemi: il primo consiste nel limitare le vibrazioni all'origine, riducendone cioè le cause, il secondo nell'impedire la trasmissione delle trepidazioni, che non è possibile sopprimere completamente, sia verso l'interno della cassa, sia verso l'esterno della galleria.

Esaminiamo i provvedimenti adottati per eliminare, nei limiti delle possibilità tecniche, le *cause delle vibrazioni*; tali provvedimenti riguardano le caratteristiche dell'armamento e dei carrelli.

Lo stato del binario riveste un ruolo fondamentale nei confronti della tranquillità di marcia; al limite una pista perfettamente liscia non darebbe luogo a scosse e potrebbe consentire un conforto di marcia molto elevato. Poiché evidentemente tale pista ideale non è realizzabile, si avranno sempre dei disturbi più o meno gravi, in relazione alle irregolarità inevitabili della via; l'entità e la natura di queste ultime possono essere assunte come un indice di qualità della superficie di corsa.

In una metropolitana moderna il binario è costituito generalmente da rotaie del peso di 50-60 kg/m, come nelle ferrovie principali, dove sono ammesse velocità normali di marcia di 160 km/h, con pesi che giungono a 20 t/asse. Anche la massicciata ha spesso caratteristiche simili a quelle ferroviarie, con il vantaggio in questo caso di avere a disposizione un terreno di posa molto stabile, costituito dall'arco rovescio della galleria.

Condizioni migliori, rispetto alle linee all'aperto, si hanno per la possibilità di sopprimere in galleria i giunti,

(\*) Dr. Ing. FRANCESCO PERTICAROLI, del Tecnomasio Italiano Brown Boveri, Milano.



che possono essere limitati a quelli strettamente indispensabili per i circuiti di binario, destinati al funzionamento dei sistemi di segnalamento e di blocco.

L'esperienza mostra che in una linea ferroviaria principale, provvista di armamento pesante, il conforto di marcia è da ritenersi del tutto soddisfacente; in una metropolitana moderna, dove le velocità non superano gli 80 km/h per la brevità delle tratte ed i pesi per asse rimangono inferiori alle 11-12 t, la tranquillità di marcia sarà presumibilmente migliore, anche in vista della possibilità di saldare i giunti, in modo da ottenere campate di qualche centinaio di metri.

#### CARATTERISTICHE DEI CARRELLI - LE RUOTE ELASTICHE.

Nei *carrelli* si cerca di ridurre per quanto possibile il peso non sospeso, cioè le masse che insistono diretta-

Poichè i motori sono fissati al telaio del carrello, risultano sospesi elasticamente rispetto agli assi attraverso le molle delle boccole; oltre alla riduzione delle masse non molleggiate, si ha un miglioramento delle condizioni di lavoro dei motori stessi, specie per quanto riguarda la commutazione.

La sospensione longitudinale dei motori è adottata da lungo tempo nelle costruzioni tranviarie, ma solo in questi ultimi anni è stata estesa a quelle ferroviarie, con potenze fino a 180 kW per motore e velocità massima di 120 km/h.

La fig. 2 mostra, in sezione, alcuni particolari del carrello e precisamente, oltre al riduttore ed alla boccola articolata, la costituzione delle *ruote elastiche*, che hanno il compito di ridurre in misura decisiva il peso non sospeso e impedire la trasmissione delle vibrazioni.

Il mozzo della ruota (3.1) è provvisto di una flangia,

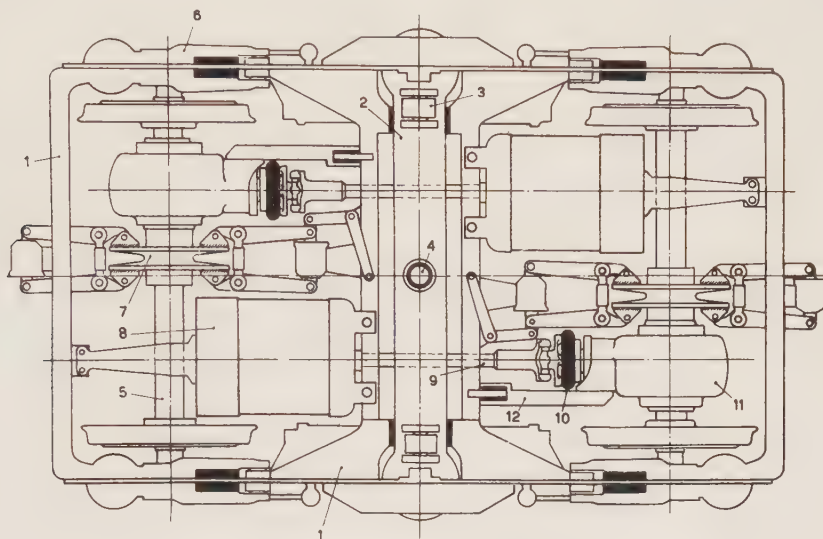


Fig. 1. — Vista in pianta di un carrello per elettromotrici metropolitane. Sono state indicate in nero le parti in gomma.

1, telaio; 2, traversa oscillante; 3, rullo portante; 4, perno centrale di rotazione; 5, sala montata; 6, boccola di tipo articolato; 7, freno a dischi; 8, motore di trazione; 9, albero cardanico di trasmissione; 10, giunto elastico in gomma; 11, riduttore a dentatura conica elicoidale; 12, braccio di sospensione del riduttore.

mente sulle rotaie, per diminuire l'entità degli urti in corrispondenza delle irregolarità della via.

Lo scopo viene raggiunto con la *sospensione totale dei motori* e con l'adozione delle *ruote elastiche*, in luogo delle normali ruote di acciaio.

Per fissare le idee, riferiamoci al tipo di carrello rappresentato nella fig. 1.

Esso è costituito da un telaio (1), sul quale la cassa appoggia mediante la traversa oscillante (2) e la relativa sospensione centrale; il peso della cassa viene sopportato da due rulli laterali (3), mentre le forze orizzontali di trazione e frenatura sono trasmesse da un perno di rotazione (4), provvisto di articolazione in gomma.

Il telaio a sua volta appoggia sulle sale (5), per mezzo delle boccole (6) e delle relative sospensioni.

In questo tipo di carrello il normale freno a ceppi, agente sui cerchioni delle ruote, è sostituito dal freno a dischi (7).

I due motori di trazione (8) sono disposti con l'asse parallelo a quello del binario e sono fissati rigidamente a due traverse del telaio; essi trasmettono il moto alle ruote mediante un albero cardanico (9), un giunto elastico in gomma (10) ed un riduttore a dentatura conica elicoidale (11). Gli ingranaggi sono in bagno d'olio e racchiusi in custodie a perfetta tenuta, collegate al telaio mediante i bracci di sospensione (12) provvisti di articolazioni in gomma.

abbracciata da due piastre (3.2), sulle quali è montato il cerchione (3.3); tra le piastre e la flangia sono forzate due serie di settori in gomma (3.4), che interrompono la continuità metallica tra cerchione e sala.

Con l'adozione di queste ruote, dette anche resilienti per la facoltà di «incassare» gli urti, le parti che gravano rigidamente sulla rotaia sono costituite dal cerchione e dalle piastre di serraggio degli elementi in gomma. Per una ruota che debba sopportare un carico di circa 5 500 kg, dette parti hanno un peso di circa 220 kg, pari al 4 % del totale.

Esperienze comparative condotte su veicoli tranviari provvisti di ruote elastiche e di ruote rigide normali, hanno mostrato che le prime consentono di realizzare i seguenti vantaggi:

— Vengono ridotte sensibilmente le vibrazioni nelle diverse parti del veicolo, nella misura media del 40 % circa.

— Vengono per conseguenza ridotte le sollecitazioni dinamiche nelle strutture meccaniche. Poichè il tormento al quale queste sono sottoposte, per effetto degli urti causati dal moto del veicolo, costringe ad aumentare gli spessori, con conseguente appesantimento, detta riduzione ha una grandissima importanza nei riguardi del peso. Il miglioramento è particolarmente sentito nelle boccole e negli assi, che si trovano immediatamente dopo le ruote, nel senso di propagazione delle vibrazioni verso la cassa: in queste parti le sollecitazioni dinamiche si ri-



ducono del 50 % circa. La percentuale di riduzione è del 35 % nel telaio del carrello, e del 20 % nell'ossatura della cassa.

— Viene ridotta la rumorosità. Dalle misure fonometriche, effettuate di notte in modo da avere un rumore di fondo di circa 40 phon, è risultato che sia all'esterno della vettura, dove la rumorosità era di 70÷75 phon, sia all'interno, dove la rumorosità era invece di 60÷65 phon, si è ottenuta una diminuzione di circa 3 decibel, equivalenti ad una riduzione in potenza acustica del 50 %.

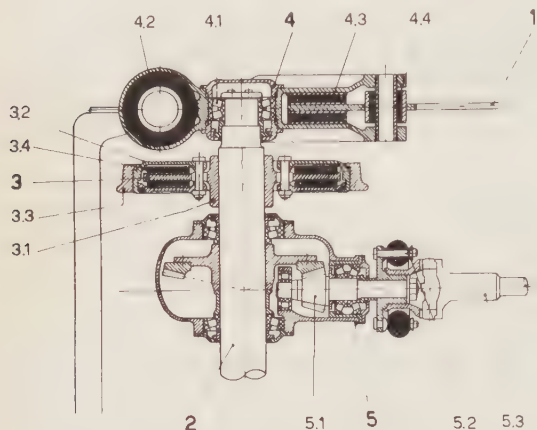


Fig. 2. — Sezione orizzontale della boccola, della ruota elastica e del riduttore. Per maggiore evidenza le parti in gomma sono state indicate in nero.

- |   |                           |                    |
|---|---------------------------|--------------------|
| 1, telaio del carrello;                 | 2, sala;                  | 3, ruota elastica: |
| 3.1 - mozzo                             | 3.3 - cerchione           |                    |
| 3.2 - piastra di serraggio              | 3.4 - elementi in gomma   |                    |
| 4, boccola articolata:                  |                           |                    |
| 4.1 - cuscinetto a rulli oscillanti     | 4.3 - piastre gommate     |                    |
| 4.2 - molla pneumatica, sezionata       | 4.4 - articolaz. in gomma |                    |
| 5, riduttore:                           |                           |                    |
| 5.1 - ingranaggi conici                 | 5.2 - giunto elastico     |                    |
| 5.3 - albero cardanico di trasmissione. |                           |                    |

— Si riducono le vibrazioni trasmesse agli impianti fissi, in ragione del 30÷35 % circa.

L'esperienza quotidiana dimostra, a conferma di quanto sopra, che i veicoli tranviari moderni, provvisti di ruote elastiche, hanno una marcia molto silenziosa, sebbene i binari tranviari non possano certamente essere paragonati a quelli realizzabili in una metropolitana.

Le ruote resilienti sono ormai largamente diffuse e sperimentate: in Italia ne sono state impiegate circa 5 000 negli ultimi 12 anni, all'estero decine di migliaia, sia nel campo tranviario che in quello delle metropolitane e delle ferrovie. In proposito ricordiamo che le ruote elastiche sono state applicate, in Francia, a locomotori con peso di 22 t/asse.

#### L'IMPIEGO DELLA GOMMA NEI CARRELLI.

Come abbiamo accennato, non è evidentemente possibile sopprimere completamente le vibrazioni; per quanto ridotte e assolutamente tollerabili agli effetti della funzionalità del carrello, bisogna impedire che quelle residue si propaghino verso la cassa.

A tale scopo si ricorre alla gomma, che ha una spiccata proprietà di filtrare le vibrazioni, in particolare quelle sonore, e di smorzare gli urti.

La propagazione verso l'esterno della galleria, che potrebbe dar luogo a notevoli disturbi ai fabbricati circostanti, viene ostacolata mediante l'uso di piastre in gomma, interposte fra rotaie e traverse; le applicazioni eseguite in tal senso hanno mostrato che la gomma conserva per lungo tempo inalterate le sue proprietà.

Per impedire la trasmissione delle trepidazioni verso l'interno della vettura, si interrompe più volte la continuità metallica tra cerchioni e cassa, interponendo elementi in gomma tra le diverse parti a contatto.

Abbiamo già esaminata la costituzione delle ruote elastiche, che consentono di filtrare efficacemente le vibrazioni e di smorzare gli urti. Giova ricordare che in presenza delle irregolarità del binario, all'aumentare della velocità cresce l'energia d'urto impressa alle ruote elastiche, ma cresce anche, fortunatamente, la quantità di energia che queste possono assorbire, a parità di deformazioni. Ciò è dovuto alla diversità tra i diagrammi di carico statici e dinamici della gomma, che presenta reazioni elastiche tanto più elevate, a pari freccia, quanto maggiore è la velocità di applicazione delle sollecitazioni.

In serie alle ruote resilienti si ha la sospensione delle boccole, rappresentata in sezione orizzontale nella fig. 2. La boccola è separata dal telaio del carrello mediante le molle di sospensione (4.2), le articolazioni (4.4) e le piastre (4.3), tutte in gomma.

Le molle sono costituite da un'elica in acciaio fasciata da un involucro di gomma a perfetta tenuta, nel quale si può immettere aria compressa; collaborano con le molle le piastre (4.3) che, oltre ad avere la funzione di guida delle boccole rispetto alla fiancata del carrello, assorbono circa il 30 % del carico verticale, lavorando al taglio. La articolazione o silent-bloc (4.4) ha il compito di trasmettere le forze orizzontali di trazione e frenatura tra carrello e sala, costituendo il perno di rotazione della boccola.

Procedendo verso la cassa, si trova la sospensione centrale, fra telaio del carrello e traversa oscillante (v. fig. 3).

I lungheroni (5) sopportano, mediante due coppie di bielle (5.1) convergenti verso l'alto, le sedi (5.2) delle molle di sospensione; il sistema pendolare così formato presenta una notevole stabilità in senso trasversale. Superiormente le molle sostengono la traversa oscillante (2), la quale a sua volta è collegata trasversalmente alle piastre (5.2) mediante due bielle articolate (3).

In sostanza l'unione telaio-traversa è realizzata in senso verticale per mezzo delle molle di sospensione, in senso trasversale per effetto combinato delle bielle inclinate (5.1) e orizzontali (3), in senso longitudinale mediante elementi in gomma, visibili nella fig. 1.

#### PESO DEL VEICOLO.

La leggerezza ha una importanza notevole, non soltanto perchè una diminuzione di peso può condurre, entro certi limiti, ad una riduzione del prezzo di acquisto,

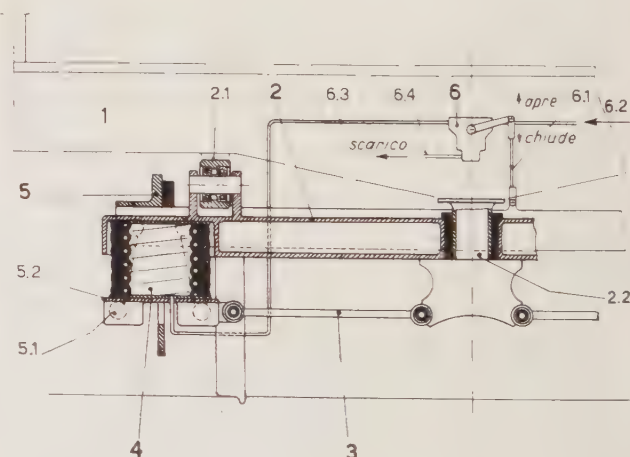


Fig. 3. — Appoggio della cassa sul carrello. Sistema di regolazione delle molle pneumatiche.

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| 1, traversa portante della cassa;                            | 2, traversa oscillante del carrello:  |
| 2.1 - rullo portante   | 2.2 - perno centrale di guida         |
| 3, collegamento traversa oscillante/sede molle;              | 4, molla di tipo pneumatico;          |
| 5, telaio del carrello:                                      |                                       |
| 5.1 - collegamento fiancata/sede molle;                      | 5.2 - sede delle molle di sospensione |
| 6, valvola livellatrice, montata sulla traversa della cassa: |                                       |
| 6.1 - collegamento valvola livellatrice/telaio del carrello  | 6.3 - alimentazione molle pneumatiche |
| 6.2 - entrata aria compressa                                 | 6.4 - scarico                         |



ma soprattutto perchè consente sensibili economie di esercizio.

Data la frequenza degli avviamenti, che si succedono a brevissimi intervalli, interessa infatti avere forti accelerazioni; il sistema più efficace per evitare che ciò porti ad aumenti eccessivi ed antieconomici della potenza specifica e del consumo di energia, è quello di diminuire il peso del veicolo.

Poichè l'alleggerimento è condizionato in gran parte dall'entità delle sollecitazioni dinamiche nelle strutture, risulta confermata l'importanza della riduzione delle vibrazioni.

In queste considerazioni ci si riferisce di solito alla tara specifica:

$$T_s = \frac{T}{N}, \quad (\text{kg/posto})$$

dove  $T$  è il peso a vuoto in kg e  $N$  il numero totale di posti.

Si può osservare che sarebbe più giusto fare riferimento alla superficie totale  $A$  del veicolo, in quanto approssimativamente in ogni metro quadrato possono trovare posto 6 persone in piedi e solamente 3 a sedere.

Infatti, se:

$A_1$  e  $A_2$  sono le superfici in  $\text{m}^2$ , occupate rispettivamente dai viaggiatori in piedi e a sedere ( $A = A_1 + A_2$ ),

$N_1$  ed  $N_2$  sono i numeri di posti in piedi e a sedere, valutati rispettivamente in ragione di  $n_1$  ed  $n_2$  posti/ $\text{m}^2$  ( $N = N_1 + N_2$ ),

$p = N_2/N$  è il rapporto tra il numero di posti a sedere e quello complessivo, espresso di solito in valore percentuale,

si ha:

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{N_1}{n_1} = \frac{1-p}{n_1} \cdot N; \\ A_2 &= \frac{N_2}{n_2} = \frac{p}{n_2} \cdot N; \\ A &= \frac{1-p}{n_1} \cdot N + \frac{p}{n_2} \cdot N; \\ N &= \frac{n_1 \cdot n_2}{n_2 + (n_1 - n_2) \cdot p} \cdot A; \\ T_s &= \frac{T}{N} = \frac{n_2 + (n_1 - n_2) \cdot p}{n_1 \cdot n_2} \cdot \frac{T}{A} \quad (\text{kg/posto}) \end{aligned}$$

A parità di area totale  $A$ , passando da una percentuale di posti a sedere  $p$  ad una superiore  $p'$ , la capienza complessiva si riduce da  $N$  ad  $N'$  e risulta:

$$\frac{N'}{N} = \frac{n_2 + (n_1 - n_2) \cdot p}{n_2 + (n_1 - n_2) \cdot p'}.$$

Poichè per questo tipo di veicoli si può assumere  $n_1 = 6$  posti/ $\text{m}^2$  e ritenere inoltre con sufficiente approssimazione:  $n_2 = 3$  posti/ $\text{m}^2$ , si ha:

$$\begin{aligned} N' &= \frac{1+p}{1+p'} \cdot N \\ T_s' &= \frac{1+p'}{1+p} \cdot T_s. \end{aligned}$$

Si vede che la tara specifica, per un determinato veicolo, aumenta sensibilmente con la percentuale di posti a sedere. Volendo fare riferimento, per semplicità, al nu-

mero complessivo di posti, occorre quindi mettere in evidenza detta percentuale.

Influisce sulla tara specifica la *tensione di alimentazione*. Senza addentrarci nell'esame dei problemi a questa connessi, ci limitiamo a rilevare che l'adozione di tensioni superiori a quelle, di 600 o 750 V, normalmente adottate nelle metropolitane, comporta un maggior peso dell'equipaggiamento elettrico, a parità di prestazioni.

La tensione di 1500 V, ad esempio, richiede apparecchiature più pesanti di quelle adatte per 750 V; inoltre i motori di trazione a 750/2 V, molto veloci e con elevato rapporto tra velocità massima e velocità oraria, risultano sensibilmente più leggeri di quelli a 1500/2 V di uguale potenza.

All'aumentare inoltre della lunghezza delle vetture, oltre certi limiti, la tara specifica cresce, in quanto l'appesantimento, dovuto all'incremento dei momenti flettenti e del taglio, prevale sul risparmio conseguente al miglior sfruttamento di certi elementi indipendenti dalla lunghezza (testate, posti di guida, accoppiatori, apparecchiature elettriche di comando).

Anche il tipo di vettura, ad una sola cassa oppure a più casse articolate, con 1 oppure 2 cabine di guida, può avere un effetto non trascurabile sulla tara specifica.

Bisogna infine considerare l'influenza delle prestazioni, e cioè dell'accelerazione di avviamento e della velocità massima, sulla potenza specifica richiesta per il veicolo, e quindi sul peso dell'equipaggiamento elettrico, ed inoltre la presenza o meno della frenatura elettrica. È chiaro che quest'ultima richiede un più largo dimensionamento dei motori di trazione, specie per quanto riguarda la commutazione; normalmente nelle metropolitane si pretende di realizzare con la sola frenatura elettrica gran parte della decelerazione di frenatura; in tali condizioni i motori debbono erogare, alla velocità massima del convoglio, una potenza più che doppia di quella assorbita in trazione a regime uniorario, con tensioni massime tra le lamelle notevolmente superiori a quelle che si hanno in trazione.

Nella tabella I sono stati raccolti alcuni elementi caratteristici di moderni veicoli per metropolitane in esercizio, considerando anche i treni su pneumatici in servizio dal 1956 nella linea 11 di Parigi.

Nella tabella II, per rendere più omogeneo il confronto, è stato indicato il numero totale di posti  $N_{15}$ , riferito ad una percentuale di posti a sedere  $p = 15\%$ , con le solite ipotesi di avere in piedi  $n_1 = 6$  posti/ $\text{m}^2$  e a sedere  $n_2 = 3$  posti/ $\text{m}^2$ . Permangono naturalmente le notevoli diversità riguardanti la tensione di alimentazione, le prestazioni, la lunghezza, la presenza o meno della frenatura elettrica.

Limitandoci a considerare le elettromotrici in servizio a Roma nel tratto Termini-Esposizione e i treni su pneumatici in servizio a Parigi, riteniamo opportuno rilevare che nel primo caso le vetture sono alimentate a 1500 V con presa di corrente a pantografo ed hanno una velocità massima di 103 km/h, mentre le motrici su pneumatici sono alimentate a 600 V con terza rotaia e non superano i 55 km/h; inoltre le prime hanno 1 o 2 cabine di guida, a seconda del tipo, mentre a Parigi vi sono due sole cabine per un treno di 4 elementi. Le accelerazioni rimangono praticamente invariate nei due casi.

Le motrici su gomme di Parigi sono invece meglio confrontabili con quelle di Chicago, che hanno una tara specifica  $T_{15} = 130$  kg/posto.

Per quanto riguarda le nuove costruzioni, gli studi più recenti dimostrano che un veicolo su rotaia, realizzato con criteri moderni, può raggiungere una tara specifica di 125÷120 kg/posto ed anche meno. Non vi è quindi alcuna differenza, sotto questo aspetto, fra il sistema tradizionale e quello su pneumatici.

CONFORTO DI MARCIA.

I carrelli provvisti di ruote elastiche dispongono di 3



TABELLA 1. — Caratteristiche di alcuni veicoli moderni per metropolitane.

(N è calcolato per 6 posti/m<sup>2</sup> in piedi —  $P_g$  = potenza unioraria motori/tara —  $T_g = T : N$ ).

RETE	Tensione volt	Lunghezza cassa m	Numero totale posti (N) n°	Percentuale posti a sedere (p) %	Peso a vuoto (T) t	Potenza specifica ( $P_g$ ) kW/t	Tara specifica ( $T_g$ ) kg/posto
Stoccolma, 1949 . . . . .	600	17,00	143	35,0	31,0	10,3	217
Toronto, 1954 . . . . .	600	16,95	217	28,6	37,8	5,3	174
Chicago — nuove vetture PCC . . .	600	14,18	115	40,0	18,2	8,8	158
Roma — motrici MR200 — 1956 . .	1500	19,10	243	19,8	39,25	11,9	161
Nagoya, 1957 . . . . .	600	15,00	115	40,0	21,6	7,4	188
Parigi {	600	elemento articolato, 1949 . . .	355	18,0	54,0	6,4	152
		motrici su pneumatici, 1956 . .	159	15,1	22,6	11,7	142
		treni su pneumatici a 4 el- menti, 1956 . . . . .	650	14,5	82,7	9,6	127
		(60,37)					

stadi di sospensione, tra di loro in serie, due costituiti dalla sospensione sulle boccole e da quella centrale, il terzo dalle ruote elastiche. Gli elementi in gomma disposti tra il mozzo e il cerchione presentano infatti una flessibilità non trascurabile.

Per quanto riguarda gli altri due sistemi di sospensione, la tecnica costruttiva impiega diversi tipi di molle, a balestra, elicoidali in acciaio con ammortizzatori idraulici per lo smorzamento delle oscillazioni, in gomma-acciaio, pneumatiche.

Queste ultime (v. fig. 3) sono costituite da un involucro a tenuta ermetica, che contiene aria a pressione regolata automaticamente in funzione del carico; possono essere di tipo completamente o parzialmente pneumatico, a seconda che il carico venga sopportato in tutto o in parte dall'aria. In genere, nel secondo caso, la tara del veicolo viene sostenuta dall'involucro esterno, costituito da un'elica in acciaio rivestita di gomma, il peso dei viaggiatori dall'aria.

Il tipo semipneumatico si presta maggiormente per l'impiego su veicoli metropolitani, data la sua grande sicurezza di funzionamento: anche in caso di mancanza d'aria, l'intero valore del carico può infatti essere sostenuto dall'involucro esterno.

Il dispositivo regolatore è costituito da una valvola livellatrice (6), fissata alla cassa e collegata mediante la biella (6.1) ad una traversa del carrello; se varia la freccia della sospensione centrale, e quindi la distanza fra

cassa e telaio, la biella (6.1) fa ruotare la leva di comando della valvola livellatrice che, mettendo in comunicazione la condotta di alimentazione (6.3) con la sorgente di aria compressa (6.2) oppure con lo scarico (6.4), produce nell'interno delle molle variazioni di pressione, che tendono ad annullare la causa che le ha provocate.

Quando la vettura è scarica, la pressione è uguale a zero; all'aumentare del carico, la cassa tende ad abbassarsi, la valvola livellatrice interviene e mette in comunicazione la sorgente (6.2) con la condotta (6.3), fino a che la cassa non viene riportata al livello primitivo. Un processo inverso avviene quando il carico diminuisce; in tal caso parte dell'aria contenuta nelle molle viene scaricata nell'atmosfera.

La sospensione lavora a livello quasi costante, entro i limiti di insensibilità del dispositivo regolatore. Per conseguenza anche il volume interno delle molle non varia.

La frequenza propria di risonanza della sospensione è data dalla formula:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k \cdot g \cdot S}{V}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k \cdot g}{H}}$$

dove  $V$ ,  $S$  ed  $H$  sono rispettivamente il volume interno, la sezione e l'altezza delle molle pneumatiche,  $k$  il rapporto fra calore specifico a pressione e volume costante del gas di riempimento.

TABELLA 2. — Caratteristiche di veicoli per metropolitane.

(N<sub>15</sub> = numero totale di posti, riferito alla percentuale di posti a sedere  $p = 15\%$  —  $T_{15} = T : N_{15}$ ).

RETE	Tensione volt	Numero posti (N <sub>15</sub> ) con $p = 15\%$ n°	Tara specifica (T <sub>15</sub> ) kg/posto	Accelerazione di avviamento m/s <sup>2</sup>	Frenatura elettrica
Stoccolma — 1949 . . . . .	600	168	185	1,0	si
Toronto — 1954 . . . . .	600	242	156	1,0	si
Chicago — nuove vetture PCC . . . . .	600	140	130	1,3	si
Roma — motrici MR200 — 1956 . . . . .	1500	253	155	0,9	si
Nagoya — 1957 . . . . .	600	140	154	?	si
Parigi {	600	elemento articolato — 1949 . . .	364	0,9	no
		motrice su pneumatici — 1956 . .	159	1,4	no
		treno su pneumatici — 1956 . . .	648	1,4	no



Poichè sia  $S$  che  $V$  non variano, la frequenza rimane costante; questa proprietà ha una notevole importanza ai fini di un buon comportamento in marcia, in quanto l'esperienza dimostra che per avere un conforto soddisfacente è necessario che la frequenza propria del sistema di sospensione risenta poco delle variazioni di carico. Tale risultato sarebbe altrimenti ben difficilmente realizzabile, dato che per questi veicoli il rapporto tra i pesi a carico e a vuoto gravanti sui carrelli può arrivare a 2.

La frequenza propria delle sospensioni non dovrebbe inoltre superare, sempre in base ai dati sperimentali,  $1,2 \div 1,3$  Hz; con le sospensioni del tipo descritto è abbastanza facile soddisfare anche a tale condizione.

Poichè i cedimenti delle sospensioni non variano, risulta costante l'altezza del pavimento delle vetture. Si facilitano in tal modo i movimenti dei viaggiatori nelle stazioni, accelerandone l'entrata e l'uscita dalle vetture e riducendo i tempi di sosta.

#### CAPACITÀ DI TRASPORTO - ACCELERAZIONI E DECELERAZIONI.

Lo sfruttamento di una linea metropolitana è legato a due elementi, tra loro in parte interdipendenti, che sono la portata massima e la velocità commerciale.

La portata è data dal prodotto della frequenza dei treni per il numero totale di posti offerto da ciascun treno. La frequenza, uguale all'inverso dell'intervallo minimo fra due treni, è legata a sua volta agli spazi di arresto, e quindi ai valori delle decelerazioni e della velocità massima.

La velocità commerciale d'altra parte, poichè le tratte sono molto brevi, in genere intorno ai 500÷600 m, è determinata più che dalla velocità massima dei convogli, dai valori dell'accelerazione di avviamento e della decelerazione di frenatura, nonchè dalla durata delle soste nelle stazioni.

La potenzialità e la velocità commerciale dipendono quindi, direttamente o indirettamente, dalle *accelerazioni positive e negative*; la necessità di aumentare, per quanto possibile, tali accelerazioni, spiega perchè si prevede oggi di regola l'aderenza totale, rendendo tutti gli assi motori.

In queste condizioni il valore assoluto delle accelerazioni non è definito dalle condizioni di aderenza del veicolo, ma dall'accelerazione massima  $a_{lim}$  che risulta tollerabile dal pubblico senza eccessivo disagio. Secondo la esperienza si può ritenere  $a_{lim} \approx 1,5$  m/s<sup>2</sup>, a condizione che tale valore venga raggiunto gradualmente, con un gradiente non superiore a 0,8 m/s<sup>3</sup>.

D'altra parte l'accelerazione massima  $a_f$  consentita dall'aderenza è data, in prima approssimazione, trascurando cioè le resistenze al moto e le maggiorazioni per le masse rotanti, da:

$$a_f \approx k \cdot f \cdot g,$$

dove  $k$  è il rapporto tra il peso che grava sugli assi motori e quello totale del treno,  $f$  il coefficiente di aderenza e  $g$  l'accelerazione di gravità. Poichè nei veicoli moderni si ha sempre  $k = 1$  e potendosi inoltre assumere mediamente  $f \approx 0,2$ , si ottiene:

$$a_f \approx 1 \cdot 0,2 \cdot 9,81 \approx 2 \text{ m/s}^2 > a_{lim},$$

che conferma la precedente affermazione.

In particolari situazioni il coefficiente  $f$  può subire sensibili diminuzioni, come avviene per esempio, in condizioni atmosferiche sfavorevoli, nelle eventuali tratte all'aperto che si hanno normalmente nei depositi, nelle officine e nei prolungamenti verso l'esterno della città.

Con un veicolo tradizionale provvisto di motori a coppia costante si passa da  $f_{max} = 0,25$  (rotaie asciutte o lavate) a  $f_{min} = 0,10$  (rotaie fangose o ricoperte di grasso); il rapporto  $f_{min}/f_{max}$  si aggira cioè intorno a 1/2,5, valore che non comporta gravi difficoltà di esercizio. È del resto possibile contenere la riduzione del coefficiente di aderenza mediante la sabbatura delle rotaie, di usuale impiego in tutte le ferrovie e tranvie.

Vale la pena di osservare che per i veicoli provvisti di pneumatici si ha invece  $f_{max} = 0,65$ , su manto di calcestruzzo asciutto, ed  $f_{min} = 0,10 \div 0,05$  su strada ghiacciata; il rapporto  $f_{min}/f_{max}$  scende a 1/10 ed anche meno, con valori di  $f$  addirittura inferiori ai minimi che si presentano nell'accoppiamento ruota di acciaio-rotaia.

Considerazioni analoghe si possono ripetere per la *frenatura* agente sugli assi del convoglio.

Nei veicoli moderni sono previsti in genere 3 sistemi frenanti, tra di loro indipendenti. Di questi uno è costituito dalla frenatura elettrodinamica, di grande utilità perchè consente di ridurre il consumo dei ceppi e dei cerchioni e la conseguente produzione di polvere metallica, molto dannosa in galleria.

Il secondo sistema è quello a ceppi; nel carrello rappresentato nella fig. 1, i ceppi normali in ghisa applicati ai cerchioni sono sostituiti da altri, di materiale speciale, agenti su dischi in acciaio calettati sugli assi. Questi assicurano una frenatura molto dolce e silenziosa ed evitano la produzione di polvere metallica; il comando può essere pneumatico, elettropneumatico, oppure completamente elettrico mediante solenoidi. In ogni caso si ha la possibilità di comandare a mano i ceppi.

Il terzo freno, impiegato solo in caso di emergenza, è costituito dai *pattini elettromagnetici*, agenti direttamente sulle rotaie e quindi completamente svincolati dall'aderenza. Si arriva in tal modo a decelerazioni superiori ai limiti dell'aderenza ruota-rotaia, fino a  $2,5 \div 3$  m/s<sup>2</sup>, valori necessari in caso di emergenza, dove occorre ridurre al minimo gli spazi di frenatura. Tali decelerazioni sono fastidiose per i viaggiatori, ma ancora sopportabili saltuariamente.

Il sistema tradizionale dunque, sebbene possa contare su un coefficiente di aderenza notoriamente più basso di quello realizzabile con i pneumatici, consente ugualmente di raggiungere le massime accelerazioni positive e negative  $a_{lim}$ , ammissibili per i mezzi di trasporto pubblici.

Si può ridurre per conseguenza al minimo il distanziamento fra i treni e realizzare frequenze di 40÷50 treni/ora per ciascuna direzione di marcia che, con banchine delle stazioni lunghe 106 m, come verranno costruite per la futura linea n. 1 di Milano, ed una corrispondente capienza massima dei treni di 1 200÷1 300 viaggiatori, corrispondono a portate dell'ordine di 50 000 passeggeri/ora per direzione.

Questo valore può dare una idea della capacità di smaltimento del traffico, al limite di saturazione. In realtà sarà possibile, in condizioni normali, diminuire la composizione dei treni, o meglio ancora ridurne la frequenza, con il vantaggio nel secondo caso di diminuire le spese per il personale di scorta ai treni, senza danno per la qualità del servizio, dato che gli intervalli sono dell'ordine di qualche minuto primo.

#### VELOCITÀ COMMERCIALE.

La velocità commerciale è determinata da quella media dei convogli sulle singole tratte e dal tempo di sosta nelle stazioni.

Per ridurre al minimo la durata delle soste si aumenta il numero delle porte delle vetture e si cerca di facilitare i movimenti di salita e discesa dei viaggiatori, con banchine al livello del pavimento.

Può ora essere utile fare qualche considerazione sui diversi fattori che determinano la *velocità media*, e sui consumi di energia corrispondenti.

Influiscono in primo luogo sulla velocità media le caratteristiche elettromeccaniche del veicolo; se si indicano con:

- $\omega$ , la velocità angolare del motore, in rad/s, e  $\omega_M$  il suo valore massimo
- $C$ , la coppia all'albero del motore, in J/rad
- $v$ , la velocità di marcia, in m/s, e  $v_M$  il suo valore massimo, corrispondente a  $\omega_M$



$F$  la forza di trazione ai cerchioni, in  $N$   
 $D$ , il diametro delle ruote, in  $m$   
 $q$ , il rapporto ingranaggi, inteso come quoziente fra  $\omega$  e la velocità angolare delle ruote  
 $\eta_j$ , il rendimento medio degli ingranaggi  
 $i$ , il numero di motori del veicolo  
 $k_n$ , la costante di proporzionalità tra  $\omega$  e  $v$ , in  $rad/m$   
 $k_s$ , la costante di proporzionalità tra  $F$  e  $C$ , in  $rad/m$ ,

risulta:

$$v = \frac{\omega}{q} \cdot \frac{D}{2}; \quad k_n = \frac{\omega}{v} = 2 \cdot \frac{q}{D}$$

$$F = i \cdot \frac{\eta_j \cdot q \cdot C}{D/2} = 2 i \cdot \eta_j \cdot C \cdot \frac{q}{D};$$

$$k_s = \frac{F}{C} = 2 i \cdot \eta_j \cdot \frac{q}{D} = i \cdot \eta_j \cdot k_n,$$

cioè le caratteristiche meccaniche del veicolo sono univocamente determinate da quelle elettromeccaniche del motore e dalla costante  $k_n$ . Non ci preoccupiamo pertanto dei valori da attribuire separatamente a  $q$  e  $D$ , ma piuttosto del loro rapporto. Per fissare le idee, ci riferiremo ad elettromotrici a quattro motori, alimentate alla tensione  $V = 1500$  V, con velocità massima  $v_M = 80$  km/h. Questi dati possono interessare in generale metropolitana di nuova costruzione, pur con le dovute variazioni nei confronti del tipo di vettura e della tensione.

In relazione alle note esigenze di leggerezza, supporremo inoltre di impiegare motori aventi elevate potenze specifiche (cioè alte velocità di rotazione), indebolimento di campo, frenatura elettrodinamica e tensione ai morsetti di 750 V; con potenze di 90÷100 kW per motore, come sono richieste nel nostro caso, si può ritenere di arrivare a velocità massime di funzionamento comprese fra 3000 e 3500 giri/min. Avendo già fissata la velocità  $v_M = 80$  km/h, risulta determinato il rapporto  $\omega_M/v_M$ , e quindi il limite pratico della costante  $k_n$ , che consente di passare dalle grandezze  $\omega - C$ , riferite all'albero dei motori, alle grandezze  $v - F$  ai cerchioni.

Per l'accelerazione e la decelerazione assumeremo il valore massimo  $a_{lim} = 1,5$  m/sec<sup>2</sup>, che non conviene superare, per evitare eccessivi fastidi ai viaggiatori.

In tali condizioni è possibile, fissando una potenza specifica sufficiente a realizzare le prestazioni richieste, dedurre dalle caratteristiche tipo di motori adatti per queste applicazioni le caratteristiche meccaniche del veicolo che, per non togliere generalità alle nostre considerazioni, riferiremo ad 1 t di veicolo, supponendo altresì che il carico sia uguale a 1/3 di quello massimo, come avviene in pratica durante gran parte della giornata. Considereremo una potenza specifica riferita ai cerchioni di 8,2 kW/t, corrispondente ad una corrente in servizio orario di 3,1 A/t per ogni motore.

In base alle caratteristiche del veicolo così dedotte (interessano essenzialmente la forza di trazione  $F$  e la corrente totale  $i_t$ , in funzione della velocità di marcia  $v$ ), si possono tracciare i diagrammi di trazione, del tipo di quelli rappresentati nella fig. 4.

Il calcolo è stato condotto con le seguenti ulteriori ipotesi:

- percorso in piano e rettilineo;
- coefficiente unitario di resistenze al moto  $r = 0,005$  (equivalente a 5 kg/t), supposto per semplicità costante;
- coefficiente di miglioramento della massa del veicolo in avviamento, per tenere conto delle parti rotanti  $\epsilon = 0,10$ .

Nei diagrammi della fig. 4, l'avviamento reostatico occupa l'intervallo  $0 - t_1$ ; segue, nell'intervallo  $t_1 - t_2$ , l'indebolimento di campo e successivamente l'avviamento secondo la caratteristica naturale dei motori, con accele-

razione gradualmente decrescente. Nell'istante  $t_2$ , raggiunta la velocità  $v_2$ , si toglie corrente, interrompendo lo sforzo di trazione; possono ora presentarsi 3 casi:

— inizia subito la frenatura a decelerazione costante, in modo da ottenere un diagramma triangolare di velocità  $0 - v_2 - A_0$ ;

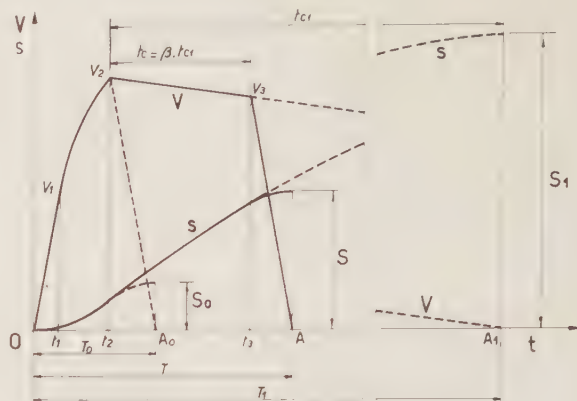


Fig. 4. — Diagrammi tipo di trazione.

Ascisse:  $t$  - tempi  
 Ordinate:  $v$  - velocità di marcia  
 $T$ , tempo di percorrenza;  
 $S$ , lunghezza della tratta.

— prosegue la marcia a motori disinseriti, per un certo intervallo  $t_c$ ; la decelerazione corrispondente, dovuta alle resistenze al moto, è data da:  $a_c = \frac{r \cdot g}{1 - \epsilon}$ . Con l'ipotesi fatta più sopra per i coefficienti  $r$  ed  $\epsilon$ , si ha  $a_c = 0,045$  m/s<sup>2</sup>. Questa fase si denomina di «coasting» o marcia per inerzia.

Nell'istante  $t_3$  inizia la frenatura; il diagramma di velocità assume la forma trapezoidale  $0 - v_2 - v_3 - A$ , che è quella che si presenta più frequentemente in pratica;

— prosegue la marcia per inerzia o in «coasting» fino all'arresto spontaneo in  $A_1$ .

Il tempo di coasting assume il valore  $t_{cl} = v_3/a_c$ , che è il massimo corrispondente a  $v_2$ ; il diagramma di velocità assume una forma triangolare molto allungata  $0 - v_2 - A_1$ .

Nel diagramma trapezoidale si può esprimere il tempo di coasting:  $t_c = \beta \cdot t_{cl}$ ; nella maggior parte dei casi il coefficiente  $\beta$  assume valori intorno a 0,05÷0,10. Calcolando un sufficiente numero di diagrammi di trazione, per  $v_2$  compresa tra  $v_1$  e  $v_M$  e per  $\beta = 0 \div 1$ , è stato determinato nella fig. 5 l'andamento della velocità media  $v_m = S/T$  in funzione della lunghezza della tratta, per i diversi diagrammi, che si possono ritenere definiti dal valore del coefficiente  $\beta$ . Dalla fig. 5 si deduce che, per una tratta determinata, con valori normali di  $\beta$ , si hanno velocità medie di ben poco inferiori a quelle che si otterrebbero per  $\beta = 0$ , realizzando in compenso una maggiore elasticità di servizio e, come vedremo, un sensibile risparmio nel consumo di energia.

Il punto  $X$  indicato nella fig. 5 corrisponde alla tratta minima  $S_x \approx 1025$  m, per la quale si raggiunge la velocità massima  $v_M = 80$  km/h. Per tratte di lunghezza  $S > S_x$  è possibile:

- mantenere la velocità  $v_M$ , con corrente ridotta, ed iniziare poi la frenatura (velocità medie  $y$ );
- si può invece interrompere la corrente non appena raggiunta la velocità  $v_M$ , e proseguire la marcia in coasting fino all'inizio della frenatura. Le velocità medie  $z$  sono di ben poco inferiori a quelle ottenute con  $\beta = 0$ , almeno per  $S < 2 \div 3$  km.

#### CONSUMI DI ENERGIA.

Il valore istantaneo della potenza assorbita dal veicolo



in kW/t è dato da  $p = V \cdot i_t$ , dove la corrente totale assorbita  $i_t$  è espressa in A/t. Data la costanza di  $V$ , la potenza è pertanto proporzionale a  $i_t$ .

Nel diagramma di trazione rappresentato in fig. 6 si possono distinguere le seguenti fasi:

- $O - t_s$ , avviamento reostatico con motori in serie;  $i_t$  è uguale alla corrente di ciascun motore
- $t_s - t_1$ , avviamento reostatico in serie-parallelo; la corrente  $i_t$  è doppia di quella di ciascun motore

L'energia  $W$  in Wh/t assorbita dal veicolo è data dall'integrale:

$$W = V \cdot \int_0^{t_2} i_t \cdot dt.$$

Esso dipende soltanto dalla velocità massima  $v_2$  raggiunta nell'istante  $t_2$ , indipendentemente dalla durata del percorso, dalla lunghezza della tratta e dalla conseguente velocità media.

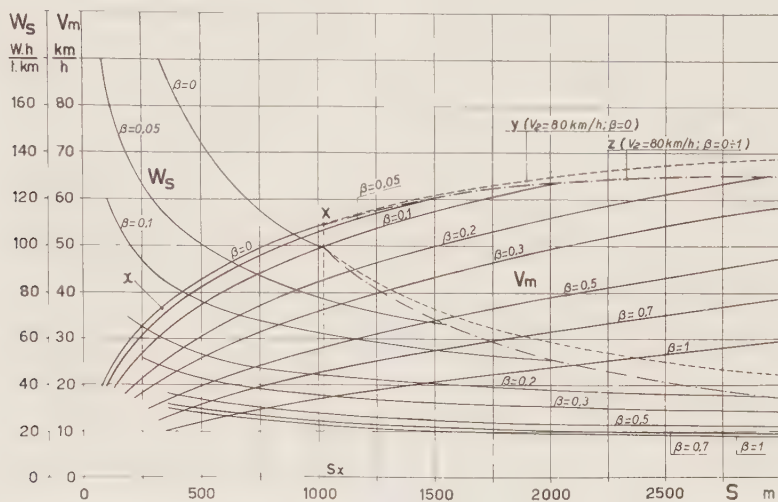


Fig. 5. — Velocità medie e consumi specifici per veicoli su rotaia

Ascisse:  $S$ , lunghezze delle tratte, in m

Ordinate:  $v_m$ , velocità medie, in km/h

$W_s$ , consumi specifici, in Wh/t · km

Percorso in piano e rettilineo — velocità massima:  $v_M = 80$  km/h

$x$ , velocità medie con  $\beta = 0$  e  $v_2 < v_M$ ;  $y$ , velocità medie con  $\beta = 0$  e  $v_2 = v_M$ ;

$z$ , velocità medie con  $\beta > 0$  e  $v_2 = v_M$ ;  $S_x$ , tratta minima, per la quale  $v_2 = v_M$ .

$t_1 - t_2$ , in un primo tempo si ha l'indebolimento progressivo di campo, con corrente mediamente costante, poi l'avviamento a campo indebolito, secondo la caratteristica naturale dei motori, con corrente e potenza entrambe decrescenti.

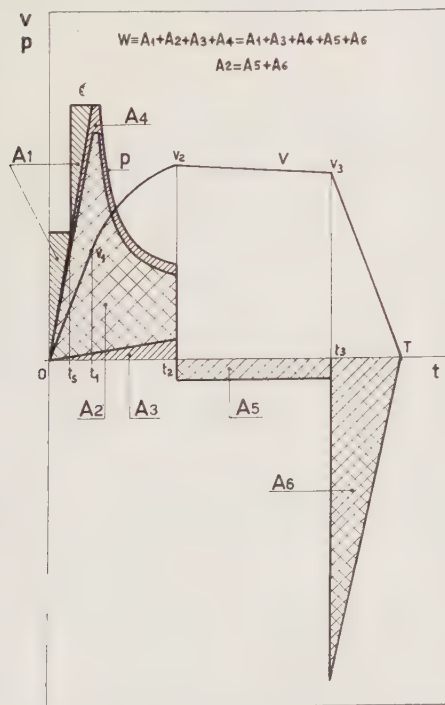


Fig. 6. — Consumi di energia.

Ascisse:  $t$  - tempi; Ordinate:  $v$ , velocità di marcia;  $p$ , potenze motrici e resistenti.

Si può considerare il consumo  $W$  uguale alla somma dei seguenti termini:

- perdite nel reostato di avviamento (area  $A_1$ );
- energia cinetica posseduta dal veicolo nell'istante  $t_2$  (area  $A_2$ );
- lavoro compiuto per vincere le resistenze al moto nell'intervallo  $0 - t_2$  (area  $A_3$ );
- perdite elettriche e meccaniche nei motori e nelle trasmissioni (area  $A_4$ ).

Si ha quindi:

$$W = A_1 + A_2 + A_3 + A_4.$$

Tenendo presente che l'energia cinetica posseduta dal veicolo nell'istante  $t_2$  (area  $A_2$ ), viene spesa per vincere le resistenze al moto durante il coasting (area  $A_5$ ) e dissipata durante la frenatura (area  $A_6$ ), si ha anche:

$$W = A_1 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6.$$

Da  $W$  si può dedurre il consumo specifico di energia  $W_s = W/S$ , espresso in Wh/t.km. A conferma di quanto si è già affermato, risulta dalle figure 5 e 7 che per  $\beta < 0,1$  è possibile ridurre i consumi di energia, con la fase di coasting, senza abbassare in misura rilevante la velocità media.

Può risultare ora interessante confrontare i diagrammi di trazione di veicoli metropolitani di tipo tradizionale e su pneumatici, facendo sempre riferimento al peso di 1 t.

Supposte invariate l'accelerazione di avviamento, la decelerazione di frenatura, la lunghezza della tratta e la velocità commerciale, il veicolo su gomme, per le maggiori resistenze al moto, deve ridurre il tempo di coasting (la decelerazione  $a_c$  è più elevata), raggiungendo una velocità massima  $v_2$  superiore. Ne consegue un consumo di energia più elevato, dovuto sia alle maggiori coppie mo-



trici necessarie nelle fasi  $0-t_1$  e  $t_1-t_2$ , sia alla più lunga durata della fase  $t_1-t_2$ .

Nella fig. 8 sono state confrontate le condizioni di marcia dei due tipi di veicoli. I dati per il veicolo su pneumatici sono gli stessi già considerati precedentemente, ad eccezione dei seguenti:

naturalmente, a parità di altre condizioni, che il rapporto tra la corrente media quadratica dei motori e quella in servizio orario risulti invariato. Inoltre il rendimento della trasmissione per un veicolo su pneumatici è inferiore, per la necessità di avere più di una coppia di ingranaggi in serie, sia per il grande diametro delle ruote mo-

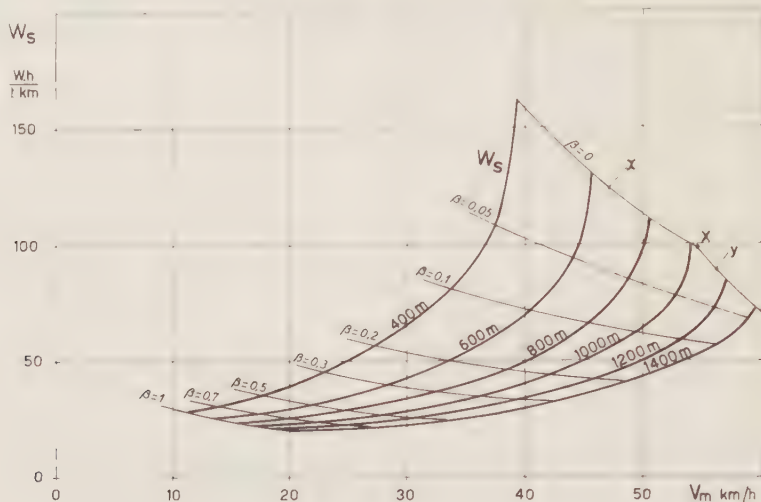


Fig. 7. — Consumi specifici di energia per veicoli su rotaia.

Ascisse:  $v_m$  - velocità medie, in km/h  
Ordinate:  $W_s$  - consumi specifici, per tratte  $S = 400 \div 1400$  m.  
 $x$ , curva limite per  $\beta = 0$ ,  $v_s < v_M$ ;  $y$ , curva limite per  $\beta = 0$ ,  $v_s = v_M$ ;  
 $X$ , tratta minima, per la quale  $v_s = v_M$ .

— coefficiente di resistenza al moto  $r = 0,012$  (12 kg/t); questo valore è stato dedotto dai dati sperimentali rilevati in esercizio nella metropolitana di Parigi ed indicati dall'ing. Ruhlmann della Régie Autonome des Transports Parisiens;

— potenza specifica ai cerchioni 9 kW/t, corrispon-

trici, sia per l'eventuale presenza, come nel sistema impiegato a Parigi, del differenziale.

Si deduce dalla fig. 8 che, a parità di consumo  $W$ , il veicolo su pneumatici:

— raggiunge una velocità massima  $v_2$  superiore, rispetto a quello su rotaia;

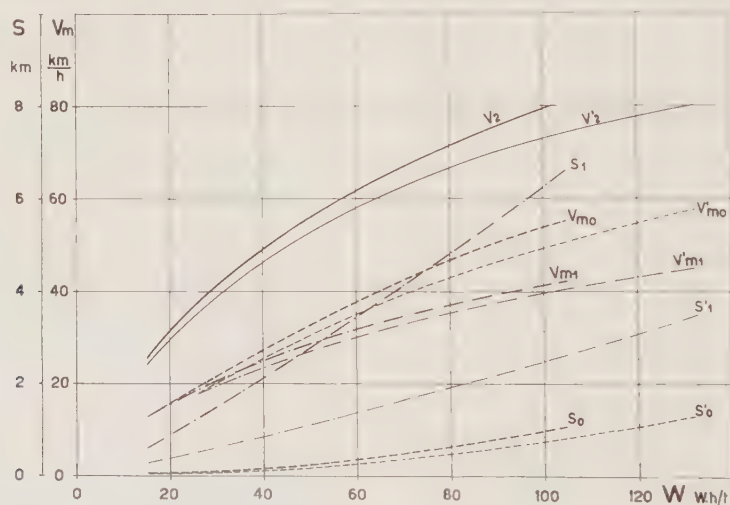


Fig. 8. — Confronto tra le condizioni di marcia di un veicolo su rotaia (grandezze senza apice) e su pneumatici (grandezze con apice).

Ascisse:  $W$  - consumi di energia riferiti ad 1 tonn, in Wh/t  
Ordinate:  $v_m$  - velocità medie, in km/h;  $S$  - lunghezze delle tratte, in km.  
 $v_s$ ,  $v_s'$  - velocità massime  
 $v_m$ ,  $v_m'$  - velocità medie  
 $S_0$ ,  $S_0'$  - spazi percorsi } con  $\beta = 0$   
 $v_{m1}$ ,  $v_{m1}'$  - velocità medie  
 $S_1$ ,  $S_1'$  - spazi percorsi } con  $\beta = 1$

dente ad una corrente oraria dei motori di 3,5 A/t. Si ha qui una maggiorazione della potenza specifica, conseguente al maggior consumo di energia, in quanto occorre

— per  $\beta = 0$  supera una tratta  $S_0$  più lunga, ad una velocità media  $v_{m0}$  superiore;

— al limite, per  $\beta = 1$ , supera una tratta  $S_1$  notevol-



mente più lunga, ad una velocità  $v_{m1}$  superiore.

In maniera del tutto analoga, nella fig. 9 sono stati determinati per il veicolo con ruote pneumatiche i consumi specifici  $W_s'$ ; la tratta minima nella quale si raggiunge la velocità  $v_M$  è ora  $S_{x'} \approx 1300$  m.

Dai consumi specifici  $W_s$  e  $W_s'$  è stato successivamente dedotto, il rapporto  $\gamma = W_s'/W_s$ , per  $S = 400 \div 1400$  m, indicato nella fig. 10 in funzione della velocità media.

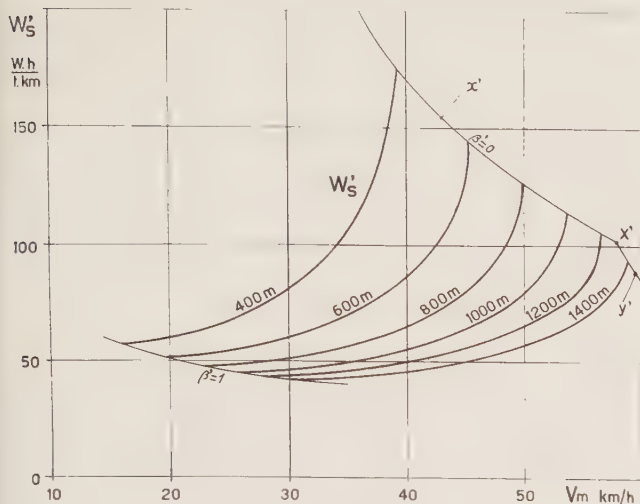


Fig. 9. — Consumi specifici di energia per veicoli su pneumatici

Ascisse:  $v_m$  - velocità medie, in km/h  
Ordinate:  $W_s'$  - consumi specifici, in Wh/t.km, per tratte:

$S = 400 \div 1400$  m  
 $x'$ , curva limite per  $\beta = 0$ ,  $v_s < v_M$ ;  $y'$ , curva limite per  $\beta = 0$ ,  $v_s = v_M$ .  
 $x$ , tratta minima, per la quale  $v_s = v_M$ .

Si rileva che, per una determinata tratta,  $\gamma$  decresce dalla curva  $\beta' = 1$  (limite per il veicolo su gomme; corrispondentemente risulta invece  $\beta < 1$ ), fino ad un minimo, per poi risalire di nuovo in prossimità della curva limite  $\beta' = 0$  (dove risulta  $\beta > 0$ ).

Per tratte di  $500 \div 600$  m si può ritenere  $\gamma \approx 1,2$ , cioè il veicolo su pneumatici ha un consumo specifico del 20 % circa superiore a quello su rotaia.

#### SICUREZZA.

Il veicolo su rotaia può fare affidamento oggi su una esperienza che, per quanto riguarda le metropolitane a trazione elettrica, supera largamente il mezzo secolo.

In questo lungo periodo i tecnici hanno perfezionato continuamente i diversi elementi, facendo affidamento, più ancora che sui calcoli teorici, sui dati sperimentali di esercizio. La grande sicurezza offerta dal veicolo di tipo tradizionale va probabilmente ricercata nella robustezza e semplicità dei suoi organi: riteniamo opportuno ricordare a tale proposito che il sistema di guida, costituito dalla coppia bordini di acciaio-rotaia, è indubbiamente il più semplice e sicuro di cui oggi si disponga, specialmente nei riguardi della stabilità di traiettoria.

Questo sistema ha tuttavia il difetto di dar luogo in curva a resistenze supplementari più elevate di quello con ruote sterzanti. Tale inconveniente non è però grave: anche trascurando l'effetto differenziale dovuto alla conicità dei cerchioni, efficace finché questi sono di recente tornitura, la resistenza supplementare non ha infatti una influenza notevole su quella complessiva. L'ing. Ruhlmann riferisce a tale proposito che per la metropolitana di Parigi, dove si hanno curve con raggio minimo di 75 m, sono state misurate resistenze supplementari di 6,5 kg/t nei veicoli su rotaia e 2,4 kg/t in quelli su pneumatici; poichè per quella rete si può ritenere che 1/7 del percorso

totale sia rappresentato da curve di 75 m, la resistenza supplementare media si riduce a 0,9 e a 0,3 kg/t, rispettivamente nei due casi.

Nelle nuove reti i raggi minimi sono però sensibilmente superiori, per evitare limitazioni eccessive alla velocità dei treni; a Milano non si scenderà per esempio al di sotto di 130 m. In tali condizioni lo svantaggio della maggiore resistenza in curva diventa insignificante.

Per quanto riguarda la circolazione in curva, nell'iscrizione libera la ruota anteriore esterna del carrello attacca la rotaia con un certo angolo, per cui il centro istantaneo di rotazione si sposta anteriormente rispetto all'asse verticale della ruota. In queste condizioni, quando la componente dovuta alla resistenza di attrito tra bordini e rotaia supera il carico verticale gravante sulla ruota, l'asse si scarica e può verificarsi il deragliamento. Si dimostra che ciò avviene solo quando la pressione laterale trasmessa dalla ruota alla rotaia (forza di bordini) è superiore al carico verticale.

D'altra parte l'accelerazione centrifuga  $a_c$ , come è noto, viene compensata parzialmente dalla sopraelevazione della rotaia esterna, per cui si ha un'accelerazione efficace:  $a_e = a_c - a_0$ , essendo  $a_0$  l'accelerazione fittizia che corrisponde alla sopraelevazione. Nello stabilire la velocità in curva si può al massimo ammettere, per evitare eccessivo disagio al pubblico:  $a_e = a_0$ .

Poichè con lo scartamento normale  $s \approx 1,5$  m e la sopraelevazione  $h = 0,016$  m si ha:  $a_0 = h/s \cdot g \approx 1,1$  m/s<sup>2</sup>, si può arrivare ad un'accelerazione efficace massima  $a_e = 1,1$  m/s<sup>2</sup> e totale  $a_c = 2,2$  m/s<sup>2</sup>, che equivale per curve di 130 m di raggio alla velocità di 60 km/h.

Ora lo scarico dell'asse anteriore del carrello richiederebbe una accelerazione centrifuga efficace superiore a quella sopra indicata; il pericolo di deragliamento per l'attrito tra bordini e rotaia può pertanto praticamente escludersi.

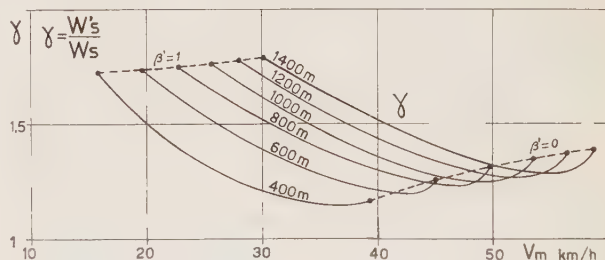


Fig. 10. — Rapporto tra i consumi specifici di energia dei veicoli su pneumatici e su rotaia.

Ascisse:  $v_m$ , velocità medie, in km/h  
Ordinate:  $\gamma = W_s'/W_s$ , per tratte:  $S = 400 \div 1400$  m

Sempre a proposito della sicurezza, ricordiamo anche il problema della frenatura. L'esistenza di diversi sistemi frenanti, tutti di elevata efficacia (freno a ceppi, freno elettrodinamico, freno a pattini elettromagnetici), favorisce indubbiamente la sicurezza di esercizio.

In particolare il freno a pattini di emergenza, essendo alimentato mediante la batteria di accumulatori, utilizza una sorgente di energia completamente autonoma rispetto al freno pneumatico, ed è inoltre del tutto indipendente dall'aderenza del veicolo.

Con quanto sopra esposto, si può concludere che il veicolo tradizionale, perfezionato secondo i più moderni orientamenti della tecnica, può soddisfare a tutte le esigenze del servizio metropolitano (velocità, economia, silenziosità, comodità di marcia), garantendo la *super-sicurezza* indispensabile per questo mezzo di trasporto.

Manoscritto pervenuto il 12 marzo 1960.



# NOTE SULL'INSTALLAZIONE E L'IMPIEGO DEI GENERATORI PER ALTE TENSIONI AD IMPULSO

G. ZINGALES (\*)

*Vengono riassunti i concetti fondamentali e alcune fra le principali nozioni pratiche relative alla tecnica delle prove ad impulso su materiali e apparecchiature elettriche per alta tensione.*

*Dopo alcune considerazioni generali sul significato di tale tipo di prove e sull'apparecchiatura necessaria per eseguirle, si danno indicazioni per la scelta delle caratteristiche di un impianto e per la costruzione e la disposizione generale di una sala prove.*

*Sono quindi riportate le più importanti definizioni e convenzioni adottate, sia per individuare la forma di un'onda, sia per descrivere il comportamento di un oggetto in prova, facendo riferimento alle Norme italiane e alle principali Norme estere.*

*Vengono quindi illustrate le caratteristiche e le modalità d'impiego dei più importanti apparecchi di misura: spinterometro a sfere, divisori di tensione, oscillografi; si richiama, con il concetto di tempo di risposta, la possibilità di taratura di un divisore.*

*Sono quindi esaminati i fenomeni di carica e scarica di un generatore, sia con riguardo alla loro influenza sulla forma d'onda, sia con riferimento alla scelta dei sistemi per il comando dell'innesco. Si illustra quindi il calcolo approssimato dei valori da assegnare ai parametri del generatore, per impostare una prova con un'onda di forma prefissata.*

*Seguono alcune considerazioni sulle modalità di esecuzione delle prove e un breve esame dei fenomeni che determinano la scarica nei gas e nei dielettrici solidi.*

## I. - PREMessa.

Le prove ad impulso sul materiale elettrico per alta tensione, introdotte nella tecnica da oltre trent'anni, si sono sempre più diffuse e perfezionate, fino a divenire oggi normali prove di collaudo.

Esse consistono nel sottoporre il materiale in prova a tensioni di forma e ampiezza prefissate, assunte convenzionalmente per rappresentare le sovratensioni transitorie di origine atmosferica che devono essere sopportate, in esercizio, dalle apparecchiature e dal macchinario delle reti elettriche.

In base a numerosi dati sperimentali raccolti sulle scariche atmosferiche, si è assunto come andamento tipico di queste sovratensioni quello di un transitorio singolo, unidirezionale, che sale rapidamente ad un valore massimo, nel tempo di circa  $1 \mu s$  ( $1 \mu s = 10^{-6}$  secondi) e che decresce poi più lentamente, in modo da raggiungere lo zero in un tempo dell'ordine di un centinaio di microsecondi (fig. 1).

Queste sovratensioni possono raggiungere valori così elevati — dell'ordine delle migliaia di kV — che non è da pensare che l'isolamento di ogni linea possa sempre sopportarli. Sono perciò stati scelti, per i diversi valori della tensione nominale delle reti, degli opportuni valori della tensione ad impulso che deve poter essere sopportata senza danno da qualsiasi apparecchiatura direttamente connessa alla linea. Al di sopra di tali valori, si

distinguono diversi gradini di isolamento, in modo che le eventuali scariche avvengano o su elementi che non ne risultino danneggiati (per esempio gli isolatori di linea) o su apparecchiature appositamente predisposte (scaricatori) prima che su elementi di maggiore importanza (macchinario o apparecchiature di manovra).

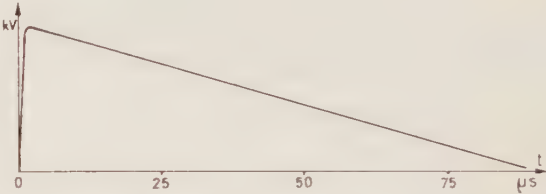


Fig. 1. — Andamento tipico di un'onda di tensione ad impulso.

Lo scopo di una prova ad impulso può quindi essere quello di accertare — in sede di collaudo — che l'oggetto in prova, sottoposto ad una tensione di determinato valore, lo sopporti senza danno (prova di tenuta) o dia luogo alla scarica (prova di scarica); ovvero quello di determinare — in sede di progetto — procedendo per tensioni crescenti, quali siano, per un determinato oggetto, i valori delle tensioni di tenuta e di scarica.

La tabella I riporta, a titolo di esempio, i valori della tensione di tenuta ad impulso raccomandati dalla Commissione Elettrotecnica Internazionale, come base per il coordinamento dell'isolamento delle reti ad alta tensione. Questi valori risultano da 1,6 a 1,8 volte il valore di cresta della corrispondente tensione di prova a frequenza industriale; sono essi perciò che determinano, nella mag-

TABELLA I.

Tensione più elevata della rete (kV efficaci)	Tensione di tenuta ad impulso (kV di cresta)	
3,6	45	
7,2	60	
12,0	75	
17,5	95	
24	125	
36	170	
52	250	
72,5	325	

	Isolamento pieno	Isolamento ridotto
100	450	380
123	550	450
145	650	550
170	750	650
245	1050	900
300	—	1050
420	—	1425

(\*) Prof. ing. GIUSEPPE ZINGALES, dell'Istituto di Elettrotecnica dell'Università di Padova.



gior parte dei casi, le distanze di isolamento e con esse il dimensionamento di un'apparecchiatura.

Per il loro carattere di transitori di grande ampiezza e di breve durata, le prove con tensioni ad impulso richiedono attrezzature del tutto particolari, sia come generatori, sia come apparecchi di misura; gli ordini di grandezza delle tensioni, correnti e potenze in gioco esulano dai valori che normalmente si impiegano nelle sale prova; la loro durata richiede spesso il richiamo di concetti propri della tecnica delle alte frequenze; il comportamento dei materiali isolanti differisce profondamente da quello che si può riscontrare nelle prove con tensioni alternate o continue.

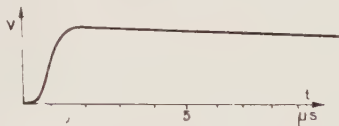


Fig. 2. — Andamento tipico di un'onda di tensione ad impulso nella sua parte iniziale.

Ci è sembrato perciò utile raccogliere alcuni concetti fondamentali, che si trovano dispersi in una vasta letteratura tecnica specializzata, ad uso di quanti si trovino a dover occasionalmente eseguire delle prove di questo tipo o di chi desideri formarsi un'idea di carattere generale sulla tecnica delle prove ad impulso.

Poiché i valori delle tensioni di prova e le modalità delle prove stesse sono in gran parte convenzionali, si farà spesso riferimento alle Norme del Comitato Elettrotecnico Italiano, o degli analoghi enti nazionali o internazionali, in cui sono date le definizioni e le convenzioni da usarsi, sia in generale che nelle singole prove: misura delle caratteristiche dell'impulso, tolleranze, valori di tensioni, numero di impulsi da applicare ecc.

## 2. - IL GENERATORE.

Caratteristica delle tensioni ad impulso è la loro natura di transitori unidirezionali, aperiodici, in cui il tempo impiegato dalla tensione per salire da zero al valore massimo (cioè il cosiddetto fronte dell'onda) è considerevolmente più breve del tempo necessario per ritornare a zero (cioè della coda dell'onda).

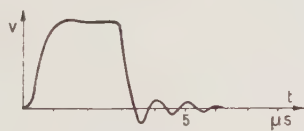


Fig. 3. — Onda ad impulso troncata sulla coda.

Ogni onda di tensione ad impulso è perciò caratterizzata dalla durata del suo fronte  $T_1$  e dalla durata della coda  $T_2$ , contata fino all'emivalore (cioè fino all'istante in cui la tensione è scesa a metà del suo valor massimo) oltre che dal suo valore di cresta. Si usano normalmente, come unità di misura dei tempi il microsecondo, come unità di ampiezza il kilovolt; in forma sintetica, si può indicare la forma d'onda con l'abbreviazione  $T_1/T_2$ ; è normale, in Italia e in quasi tutti i Paesi europei, la forma d'onda 1/50, cioè con durata del fronte di 1 μs e durata all'emivalore di 50 μs; negli Stati Uniti d'America è impiegata la forma 1,5/40. Questi parametri e le modalità della loro misura saranno più dettagliatamente descritti in seguito. Se la tensione ad impulso dà luogo, sull'oggetto in prova o su di un'apparecchiatura appositamente predisposta, ad una scarica distruttiva, la forma d'onda si modifica e la tensione cade bruscamente a zero; si

parla allora di onda tronca — specificando eventualmente se troncata sul fronte o sulla coda — riservando la qualifica di onda piena alla forma d'onda in assenza della troncatura (figure 3 e 4).

L'onda ad impulso troncata sul fronte o sulla coda rappresenta una sollecitazione che il materiale in esercizio sulle linee può subire quando nel sistema, interessato da una sovratensione impulsiva, un elemento (per esempio uno spinterometro di protezione o una catena di isolatori) dia luogo ad una scarica.

Poiché l'ampiezza di questa sovratensione, le sollecitazioni dielettriche che essa provoca e la capacità dei materiali a sopportarle possono essere diverse dalle condizioni esistenti per le onde piene, in alcune Norme la prova con onda tronca è prevista come prova supplementare di collaudo per alcune apparecchiature.

Un'onda ad impulso piena può essere analiticamente rappresentata dalla differenza di due esponenziali, del tipo:

$$v = E (\varepsilon^{-\alpha t} - \varepsilon^{-\beta t})$$

in cui si può porre, approssimativamente, per un'onda 1/50:  $\beta = 2,5 \cdot 10^6$ ;  $\alpha = 1,5 \cdot 10^4$  ed  $E = 1,15$  volte il valore di cresta. Come si vede, le costanti di tempo dei due esponenziali differiscono per ordine di grandezza e spesso, nei calcoli approssimati, i fenomeni che accadono sul fronte e quelli che accadono durante la coda possono essere trattati separatamente.

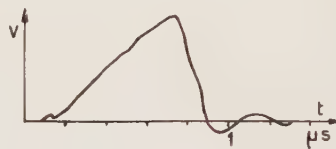


Fig. 4. — Onda ad impulso troncata sul fronte.

Una tensione di questa forma può essere prodotta con uno schema del tipo di fig. 5, quando il condensatore  $C_1$ , caricato ad una tensione continua  $E$ , viene chiuso su di un circuito a due costanti di tempo.

Questo schema semplice è realizzabile solo per tensioni dell'ordine di qualche centinaio di kV; per tensioni superiori si usa lo schema a più stadi di fig. 6, noto anche come circuito di Marx, in cui i condensatori sono caricati in parallelo e successivamente scaricati in serie dall'azione di spinterometri a sfere.

Supponiamo infatti di caricare tre condensatori di ugual capacità  $C$  (fig. 6) per mezzo di una sorgente di tensione continua di valore  $E_0$ ; se, con qualche mezzo, si provoca l'innesco contemporaneo degli spinterometri  $s_1$  e  $s_2$ , i tre condensatori risultano fra loro in serie; purché il fenomeno avvenga in un tempo sufficientemente breve, per evitare la scarica dei condensatori sulle rispettive resistenze  $R_c$  di carica, il complesso si comporta come un condensatore di capacità  $C_1 = C/3$  caricato alla tensione  $E = 3 E_0$ .

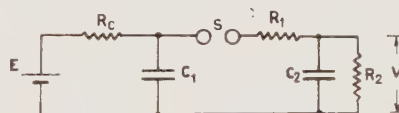


Fig. 5. — Schema di principio di un generatore di impulsi.

La massima tensione continua di carica, moltiplicata per il numero  $N$  degli stadi, viene detta tensione nominale del generatore; essa risulta di circa il 20 % maggiore della massima tensione ad impulso ottenibile dall'impianto.

Il valore della tensione di carica è limitato dalle possi-



bilità dei raddrizzatori (a secco, meccanici, a tubi elettronici) ed è usualmente compreso fra 100 e 300 kV; il numero di stadi non ha limitazioni teoriche: si sono costruiti generatori con tensioni nominali fino a 7 000 kV, mentre sono usuali, per le sale prova, valori da 800 a 3 200 kV.

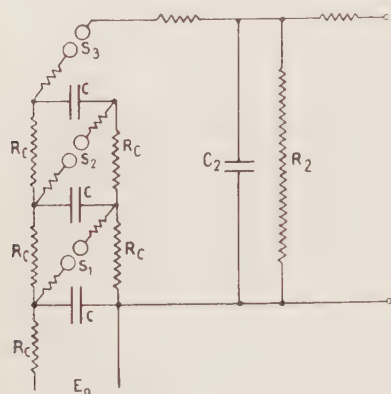


Fig. 6. — Circuito a tre stadi per la produzione di onde ad impulso

La somma delle energie accumulate negli  $N$  stadi di capacità  $C$ , alla loro massima tensione di carica  $E_0$ :

$$W = \frac{1}{2} C N E_0^2$$

viene definita come energia nominale del generatore, ed espressa in kilojoule ( $1 \text{ kJ} = 10^3 \text{ wattsecondo}$ ); il valore dell'energia necessaria varia con il tipo di prova, da qualche kJ a qualche centinaio di kJ.

L'energia disponibile decresce rapidamente al diminuire della tensione di carica; si può peraltro utilizzare la piena energia di un impianto anche a tensioni di valore metà, o un terzo o un quarto della tensione nominale del generatore, disponendo gli stadi a due a due, o rispettivamente a tre a tre o a quattro a quattro fra di loro in parallelo anche nella scarica, mediante opportune connessioni fra i morsetti dei condensatori.

Il generatore consiste quindi in un insieme di condensatori, resistenze e spinterometri, connessi secondo lo schema di fig. 6 o altri schemi simili. Nella sua costruzione, accanto ai problemi dielettrici (distanze d'isolamento nella carica e nella scarica) esistono problemi termici ed elettrodinamici di particolare entità.

Basti pensare che l'energia di un generatore da 60 kJ, se è appena sufficiente a scaldare di 15 gradi un litro d'acqua, viene sviluppata in un tempo così breve che la potenza media, nei primi 50  $\mu\text{s}$  dell'onda, raggiunge il valore di circa 900 000 kW.

Un condensatore da 1 000 pF, sottoposto ad un'onda di forma normale con ampiezza massima di 1 000 kV è percorso, durante il fronte, da una corrente dell'ordine di 3 000 A; valori di corrente tre o quattro volte maggiori si possono raggiungere nel caso in cui si abbiano onde troncate dalla scarica, accidentale o preordinata, di un oggetto in parallelo al condensatore.

Queste correnti sono, a loro volta, tali da produrre su di una induttanza dell'ordine di  $10^{-6} \text{ H}$ , quale può essere quella di circa un metro di conduttore, delle cadute di tensione di alcune migliaia di volt. L'induttanza del circuito interessato alle correnti di scarica deve perciò essere ridotta al minimo compatibile con le dimensioni fisiche delle varie parti e con le distanze d'isolamento.

I condensatori sono usualmente del tipo in carta e olio,

(1) Gli impianti illustrati sono di costruzione della « Passoni e Villo S.p.A. » di Milano che si ringrazia per il materiale messo a disposizione.

racchiusi in cilindri isolanti, o in cassa metallica, opportunamente distanziati e isolati fra loro (fig. 7) (1).

Gli spinterometri sono costituiti da sfere, o da calotte sferiche, con diametro dai 5 ai 20 cm, a seconda della tensione massima di carica del generatore; la loro distanza è comandata da un dispositivo meccanico.

Le resistenze, sia del circuito di carica che di quello di scarica, sono costruite per lo più in filo metallico, più raramente a liquido. Dato il breve tempo in cui è messa in gioco, l'energia del generatore viene accumulata nella capacità termica delle resistenze e dell'oggetto in prova. Poiché gli impulsi sono spesso ripetuti a breve distanza, esse devono avere uno smaltimento termico verso l'esterno che assicuri la dispersione della potenza media con limitati salti di temperatura.

La resistenza  $R_1$  di fig. 5, parte distribuita nei diversi stadi e parte concentrata all'uscita del generatore, è detta resistenza di fronte; la resistenza  $R_2$  viene spesso denominata resistenza di coda, poichè col suo valore determina la durata della coda.

La capacità  $C_2$  è in parte costituita dalla capacità dell'oggetto in prova, e in parte da una capacità di carico, fissa o regolabile, dell'impianto; il suo valore deve essere piccolo (dal 5 al 15 %) rispetto a quello della capacità  $C_1$ .

Il generatore è sempre completato da un quadro di comando e dai dispositivi di misura, che sono sostanzialmente due: lo spinterometro a sfere e il complesso divisore-oscillografo.

Lo spinterometro misura il valore di cresta di un'onda ad impulso mediante la determinazione della distanza a cui si verifica la scarica fra due elettrodi sferici; esso è semplice come costruzione ma assai ingombrante, per le distanze che sono imposte, per il suo uso corretto, dalle

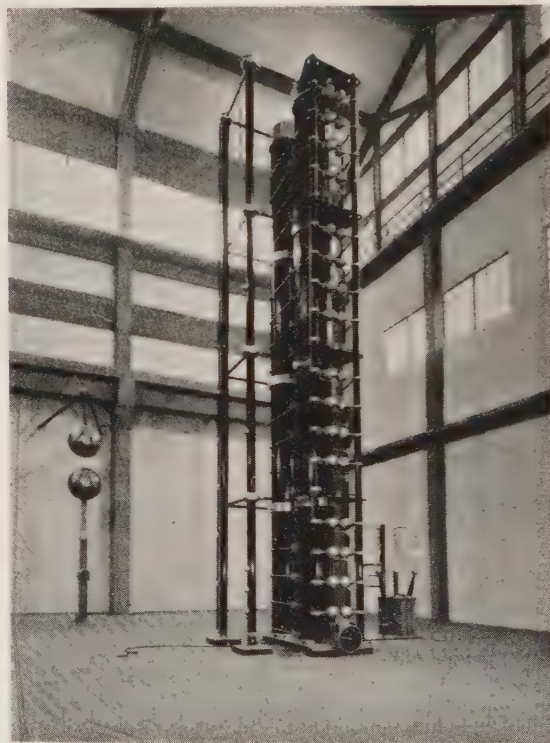


Fig. 7 a). — Generatore ad impulsi per 3200 kV; 85 kJ.

pareti e dagli altri oggetti. Usato con le dovute modalità e precauzioni rappresenta, più che un vero strumento di misura, un campione di riferimento universalmente riconosciuto ed adottato per la misura delle alte tensioni. La sua precisione è limitata al  $\pm 3 \%$ , ma con esso sono sicuramente evitati errori grossolani per l'evidenza, che



esso dà, della presenza di una tensione sufficiente a far avvenire la scarica fra le sfere.

L'oscillografo consente la registrazione fotografica dell'andamento della tensione, in funzione del tempo; la tensione da misurare viene portata alle placche dopo essere stata convenientemente ridotta di valore mediante un divisore di tensione.

Si hanno così tutte le misure di forma e di ampiezza della tensione da misurare ed in più, fissando sulla registrazione fotografica il transitorio, si ha una documentazione della prova su cui si possono rilevare eventuali irregolarità e ottenere informazioni sul comportamento dell'oggetto in prova.

L'insieme può essere costruito e tarato in modo da non presentare errori di misura superiori all'1 %, ma deve di tempo in tempo essere controllato per verificare che la taratura non si sia alterata in modo grossolano.

Si può quindi dire che i due apparecchi si integrano a vicenda, il complesso divisore-oscillografo essendo adatto a tutte le misure correnti e lo spinterometro a sfere al controllo periodico della taratura del predetto complesso.

### 3. - SCELTA DELLE CARATTERISTICHE DI UN IMPIANTO.

La scelta delle caratteristiche dell'impianto ad impulso necessario ad un determinato Laboratorio è naturalmente condizionata al tipo di apparecchi di cui si prevede la prova; si possono ad esempio distinguere, per le loro diverse esigenze, gli impianti destinati alla prova delle apparecchiature da quelli destinati alle prove su trasformatori, alle prove su condensatori o cavi, alle prove su scaricatori o a ricerche sui materiali, o a scopi didattici.

Nelle apparecchiature per alta tensione: isolatori, isolatori passanti, sezionatori, interruttori, trasformatori di misura, ha notevole importanza l'isolamento esterno; occorre perciò che il generatore sia in grado di fornire la tensione necessaria ad una scarica esterna. Si tratta inoltre di oggetti di capacità limitata — valutabile intorno alle centinaia di picofarad ed in genere tanto minore quanto più elevata è la tensione di esercizio — per cui è sufficiente prevedere un generatore con capacità dell'ordine di alcune migliaia di picofarad.

La tabella seguente fornisce, ad esempio, alcuni ordini di grandezza:

Tensione di esercizio . . . . .	kV	100	150	220	380
Tensione di tenuta . . . . .	»	550	750	1050	1425
Tensione presumibile di scarica esterna . . . . .	»	700	1050	1500	2000
Tensione nominale del gene- ratore . . . . .	»	900	1400	1900	2500
Energia nomin. del generatore	kJ	2,5	5	10	20

Se il generatore è provvisto di una capacità di carico di valore non trascurabile, le variazioni di forma d'onda da vuoto a carico restano nei limiti delle tolleranze, cosicché non è necessario prevedere un aggiustaggio dei parametri del circuito.

Per i trasformatori di potenza sono richieste, in genere, tensioni di prova meno elevate delle altre apparecchiature; è invece necessario prevedere — per la realizzazione delle forme d'onda volute — generatori di capacità tanto più elevata quanto maggiore è la potenza di dimensionamento e quanto minore è la tensione nominale della macchina da provare. Un ordine di grandezza delle tensioni e delle energie necessarie (riferite ai MVA per fase della macchina in prova) è dato nella seguente tabella:

Tensione nominale . . . . .	kV	100	150	220	380
Tensione di tenuta . . . . .	»	550	750	1050	1425
Tensione nom. del generatore	»	800	1200	1600	2400
Energia nominale del genera- tore . . . . .	kJ/MVA	3,5	3,0	2,5	2,0

Per la regolazione della forma d'onda, in funzione delle caratteristiche della macchina in prova, si richiede un certo intervallo di variazione dei parametri del generatore, ed in particolare delle resistenze di fronte e di coda.

Diverse caratteristiche ha la prova di condensatori per reti (per rifasamento, per telefonia ad onde convogliate, per riduttori di tensione ecc.) o di cavi per alte tensioni. Si tratta di oggetti di capacità spesso elevata, per i quali, però, predominano i problemi di isolamento interno, per cui vi sono in genere più larghe tolleranze sulla forma d'onda. La capacità del generatore può quindi essere scelta, come ordine di grandezza, da 5 a 10 volte la massima capacità dell'oggetto in prova; la tensione nominale del generatore dovrà essere prevista del 30-40 % superiore alla massima tensione prevista per le prove.

Ad una categoria a parte appartengono le prove su scaricatori per alte tensioni, nei quali deve esser determinata non solo le tensione d'innescò sotto tensioni ad impulso, ma anche la capacità di sopportare onde di sovracorrente dell'ordine di parecchie decine di migliaia di ampere.

Nei riguardi della prova di tensione d'innescò, lo scaricatore si comporta come le altre apparecchiature per alta tensione; la prova con corrente ad impulso richiede invece un generatore di corrente con caratteristiche particolari.

È talvolta possibile, opportunamente combinando i condensatori di un impianto ad impulso per alta tensione, ottenere un impianto adatto alle prove con forti correnti; i condensatori devono peraltro essere particolarmente previsti per tale servizio.

La prova di tensione d'innescò dello scaricatore sul fronte d'onda impone al generatore sia un elevato margine di tensione fra la sua tensione nominale e la prevista tensione di scarica, sia dimensioni fisiche limitate, per consentire elevate ripidità del fronte.

Per le prove su materiali isolanti (cartoni, bacheliti, porcellane ecc.) può essere sufficiente un impianto con tensioni dell'ordine di 600-800 kV, ed energia di alcuni kJ.

Tali impianti si rivelano di grande utilità presso quei laboratori che, possedendo già un generatore di grande energia a tensione elevata, hanno contemporaneamente bisogno di un gran numero di prove a tensioni più modeste, senza interferire con l'esecuzione di collaudi e prove da parte del generatore più grande, che richiede maggior tempo per la messa a punto.

Impianti di simili caratteristiche possono anche servire a scopi didattici o di ricerca (fig. 7 b).

### 4. - COSTRUZIONE DELLA SALA PROVE.

La scelta della forma e della disposizione di una sala prove è condizionata da vari fattori di disponibilità, funzionalità ed estetica, assai variabili da un caso all'altro;

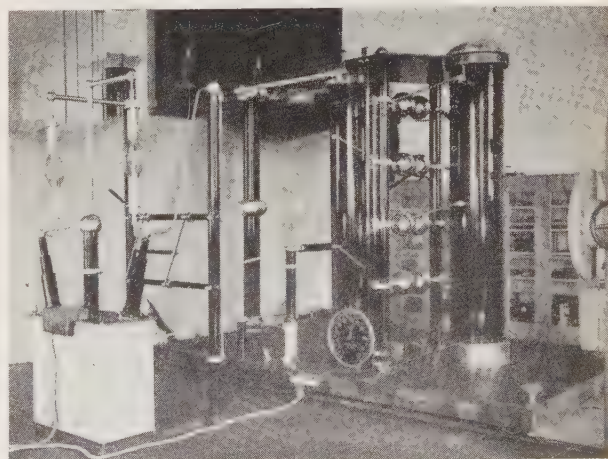


Fig. 7 b). Generatore ad impulsi per 800 kV: 8 kJ.



per la impostazione di un progetto possono però essere d'aiuto alcune considerazioni generali.

La scelta dell'ubicazione della sala prove deve tenere soprattutto conto delle possibilità di accesso del materiale in prova e della facilità di carico e scarico dei massimi ingombri e pesi previsti. È conveniente che la sala sia separata dagli altri locali o luoghi di lavoro, per ridurre i pericoli e i disturbi al personale e alle apparecchiature più delicate.

I locali necessari al funzionamento di un laboratorio comprendono, oltre la sala prove vera e propria, una sala per i comandi e le misure, un laboratorio fotografico e i servizi (magazzini, officina montaggio, cabina di alimentazione, studi, servizi igienici ecc.) proporzionati alla entità del lavoro di preparazione ed esecuzione delle prove. Questi servizi, date le dimensioni in altezza richieste dalla sala prove, possono convenientemente distribuirsi in più piani, curandone la facilità di accesso mediante montacarichi o ascensori.

Le dimensioni della sala prove sono condizionate dalle distanze dalle pareti delle apparecchiature sotto tensione; si possono considerare:

- per il generatore, circa due metri per ogni MV;
- per l'oggetto in prova, da due a tre metri per ogni MV;
- per lo spinterometro di misura, da quattro a cinque volte il diametro delle sfere, secondo le Norme.

Le stesse considerazioni valgono per le distanze dal soffitto.

Nel dimensionare la sala prove è importante prevedere un certo spazio — che può arrivare al 20-25 % della superficie totale — per magazzinaggi, trasporti ecc.

Lo spazio riservato agli oggetti in prova deve essere facilmente accessibile e ben visibile dalla sala comandi; deve esser disposto il più vicino possibile al generatore, compatibilmente con le distanze d'isolamento, per ridurre le dimensioni della spira formata dai collegamenti. Poiché la preparazione delle prove richiede spesso un tempo non indifferente, è utile prevedere più posizioni indipendenti per gli oggetti in prova.

Il locale deve essere asciutto, ben aereato e privo di

polveri o altri depositi; anche se le sue dimensioni non ne permettono un riscaldamento totale è utile prevedere delle sorgenti di calore tali da ridurre almeno l'umidità, nei mesi più freddi.

La sala deve essere convenientemente illuminata con luce naturale e con sorgenti artificiali, in modo da permettere il lavoro di montaggio delle prove; è bene evitare le sorgenti di radiazioni ultraviolette o comunque le sorgenti troppo concentrate, in vicinanza degli oggetti in prova; può essere utile prevedere la possibilità di oscuramento.

L'accesso alla sala — o alle parti di essa dove esistono impianti sotto tensione — deve poter essere interdetto al personale non specializzato, mediante blocchi elettrici o adatti dispositivi segnalatori di pericolo.

Parti fondamentali dell'impianto sono il generatore, con il suo gruppo di carica, il banco di comando e i complessi di misura: lo spinterometro a sfere, il divisore di tensione e l'oscillografo.

A seconda dei programmi di prova, possono essere previste delle apparecchiature ausiliarie, alcune delle quali richiedono una certa considerazione fin dallo stadio di progetto della sala prove; ne diamo qui di seguito un breve elenco indicativo:

1) Impianto di sollevamento, per il trasporto e il montaggio degli oggetti in prova; l'impianto può risultare utile anche per il montaggio del generatore. Deve essere prevista una distanza sufficiente non solo per l'isolamento fra generatore e gancio di sollevamento, ma anche tale da evitare disturbi sui comandi aerei, che saranno preferibilmente schermati. Un impianto di gru a ponte richiede che siano evitate le connessioni pendenti dal soffitto (per esempio per l'attacco dello spinterometro).

2) Scale o piattaforme mobili fino all'altezza massima del generatore e degli oggetti di cui si prevede la prova, in modo da potervi eseguire manovre, montaggi, riparazioni, controlli ecc.

3) Vasca per prove sotto olio; la vasca può essere metallica, mobile o interrata; deve essere provvista di un isolatore passante per la massima tensione di prova. In altri casi il recipiente può essere di materiale isolante, con il fondo metallico. La vasca potrà essere completata da un dispositivo di riscaldamento, dalle tubazioni di riempimento e di scarico dell'olio ecc.

4) Autoclave o stufa per la preparazione dei provini di materiali dielettrici; quando si prevedano prove ad alta tensione su apparecchiature di notevoli dimensioni, in atmosfera condizionata, può essere prevista un'intera camera di condizionamento, completamente chiusa e termicamente isolata, dotata di adatto isolatore passante.

5) Impianto per prove sotto pioggia; queste prove non sono attualmente comprese fra le normali prove ad impulso, mentre sono largamente impiegate nelle prove dielettriche a frequenza industriale. Oltre all'impianto, costituito dal serbatoio, pompa di alimentazione e il complesso degli ugelli, occorre prevedere il sistema di raccolta e convogliamento dell'acqua (che può essere scaricata all'esterno o recuperata e filtrata) i dispositivi per la misura delle caratteristiche della pioggia (resistività e temperatura dell'acqua, intensità, direzione ecc.).

6) Dispositivo per la produzione di onde tronche con ritardo comandato; esso consiste in uno spinterometro con elettrodo di innesco ed opportuno sistema di comando. Per lo spinterometro può essere in parte utilizzata la struttura dello spinterometro a sfere destinato alle misure; in tal caso è necessario che esso sia disposto quanto più possibile vicino all'oggetto in prova, compatibilmente con le distanze d'isolamento.

7) Generatore di impulsi ricorrenti di bassa tensione, per la predisposizione delle prove su trasformatori.

Una certa quantità di strumenti di misura, per il controllo degli elementi dell'impianto (valori delle capacità

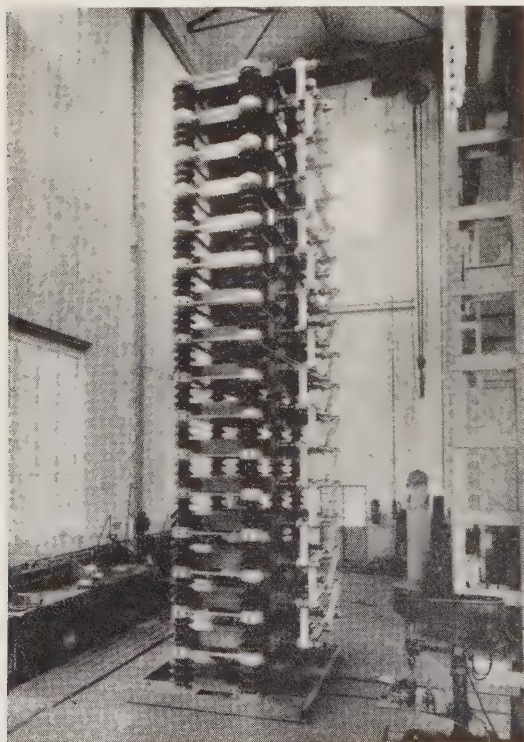


Fig. 7 c). — Generatore ad impulsi per 2400 kV; 90 kJ con condensatori in cassa metallica per montaggio all'aperto.



e delle resistenze, verifica di continuità e di isolamenti, misure di correnti e tensioni sull'alimentatore e sui comandi) facilita grandemente la messa in servizio e la manutenzione dell'impianto.

A cominciare dall'oscillografo a raggi catodici, un sempre maggior numero di apparecchiature elettroniche viene utilizzato nel campo delle misure e delle ricerche che impiegano tensioni ad impulso. Non è perciò inutile richiamare l'attenzione sul fatto che personale capace di eseguire riparazioni, manutenzione, montaggi di apparecchiature elettroniche diventa sempre più utile nell'esercizio di laboratori ad alta tensione destinati a scopi di studio o di ricerca.

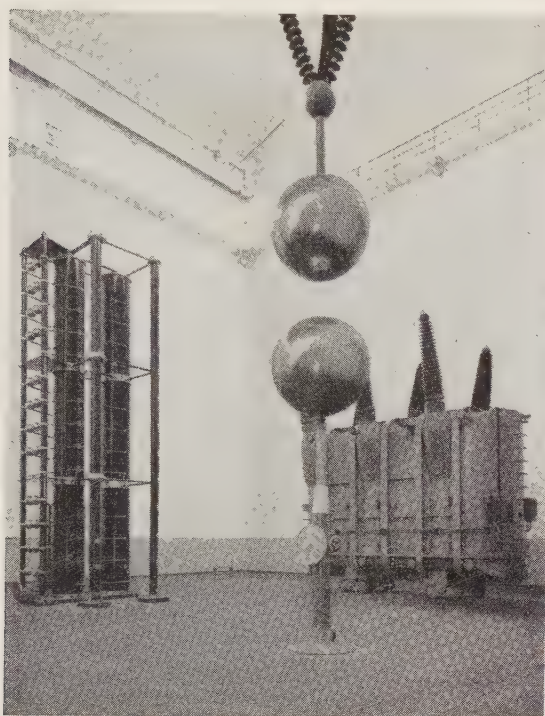


Fig. 8. — Vista di sala per prove ad impulso su trasformatori: in primo piano lo spinterometro a sfere.

## 5. - SCHERMATURA E MESSA A TERRA.

Elementi fondamentali nella costruzione della sala prove sono i dispositivi di schermatura e di messa a terra, che hanno lo scopo di assicurare la protezione del personale e delle apparecchiature esistenti nelle vicinanze della sala, e di limitare i disturbi nelle misure e nelle registrazioni oscillografiche.

Durante il fronte di un'onda ad impulso — ed in modo ancor più notevole all'atto di una sua troncatura — esistono tensioni e correnti di elevata intensità rapidamente variabili nel tempo, con rapidità valutabili rispettivamente dell'ordine di  $10^{12}$  V/s e  $10^{10}$  A/s; i campi elettrici e magnetici così prodotti si propagano nello spazio e possono disturbare seriamente strumenti di misura, apparecchiature radiofoniche ecc., posti nelle vicinanze.

Oltre a ciò, nei circuiti che risultano percorsi da queste correnti, si presentano delle cadute di tensione tali che oggetti metallicamente connessi fra loro assumono, sia pure per tempi limitati, delle differenze di potenziale anche considerevoli, a seconda dell'impedenza che li collega e della corrente che attraversa tale impedenza. Ciò può avvenire non solo nell'ambito della sala prove, ma anche a distanza da essa, su linee elettriche o su oggetti che, in un modo o nell'altro, siano collegati fra punti della sala il cui potenziale varia durante le prove.

Occorre perciò distinguere da una parte il compito proprio della schermatura, che interessa soprattutto le

pareti e, limitatamente, il soffitto e la cui importanza dipende soprattutto dalla presenza, nelle vicinanze, di apparecchiature più o meno sensibili; dall'altra parte le esigenze della « messa a terra » che ha la funzione di proteggere persone e cose e che non può mai essere trascurata.

La schermatura delle pareti si effettua mediante reti metalliche a maglie più o meno fitte (da alcuni centimetri a un metro di lato) annegate nelle pareti; possono concorrere alla schermatura anche i ferri delle strutture in cemento armato, qualora sia curata la connessione fra i vari tratti, con conduttori saldati; i lati delle maglie, al loro incrocio, devono ugualmente essere saldati fra loro.

Di un'analogia schermatura, ma più fitta — con maglie cioè di alcuni centimetri di lato — deve esser provvista la sala dove sono sistemati gli oscillografi e i comandi.

Per disporre di una « messa a terra » efficiente, si tenga presente la suddivisione di quanto viene usualmente definito come « terra », in tre distinti circuiti:

- il circuito di ritorno del generatore, che ha il compito di convogliare tutte le correnti di elevata intensità;
- il piano di riferimento, che ha il compito di formare una superficie conduttrice ben definita;

- la presa di terra, che assicura il potenziale del piano di riferimento in un punto ben definito; essa non dovrebbe perciò essere interessata da correnti.

Al circuito di ritorno, che può essere formato anche da più rami, sono collegati tutti i terminali di terra degli oggetti in prova e degli elementi del circuito che sono sottoposti a tensione e che sono o possono essere percorsi da corrente (per esempio in caso di scarica). Questo circuito deve essere di bassa resistenza (tenuto conto dell'effetto pellicolare) ma soprattutto di bassa induttanza; può quindi essere costituito da conduttore cilindrico cavo con diametro esterno di  $20 \div 30$  mm e spessori dell'ordine del millimetro, o di piattine dello stesso spessore e perimetro.

Non potendosi peraltro evitare differenze di potenziale fra i vari punti di questo circuito, esso dovrà essere isolato dal piano di riferimento per tensioni dell'ordine di una decina di kV. Un punto di questo circuito, solitamente in corrispondenza alla guaina dei cavi di misura, viene collegato al piano di riferimento e alla presa di terra.

Il piano di riferimento, per essere equipotenziale, non

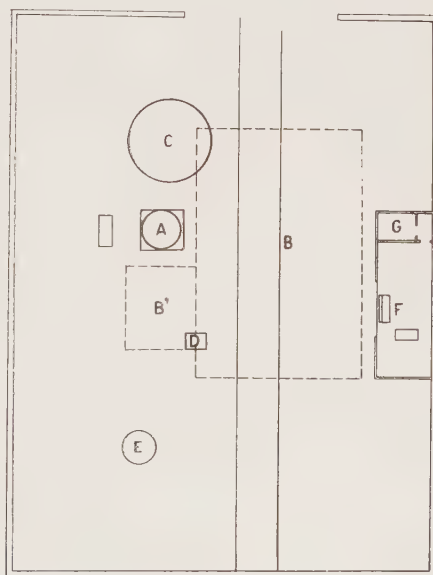


Fig. 9. — Disposizione generale di una sala prove per 2400 kV. A, generatore; B, B', spazi per oggetti in prova; C, vasca interrata per prove in olio; D, divisore di tensione (mobile); E, spinterometro a sfere; F, sala comandi e misure; G, laboratorio fotografico.



deve essere percorso da apprezzabili correnti; non potendo però evitare gli accoppiamenti capacitivi con altre parti dell'impianto sotto tensione, occorre ridurre le differenze di potenziale, assicurando a tali correnti una strada di impedenza minima. Esso sarà quindi costituito da una rete conduttrice a maglie fitte, o addirittura da lamierini di ferro, o di alluminio, saldati nelle giunzioni; questi lamierini possono essere interrati immediatamente sotto il pavimento della sala prove, o costituire addirittura il pavimento stesso.

Al piano di riferimento vanno connessi tutti gli oggetti conduttori permanentemente e occasionalmente presenti nella sala prove e non interessati direttamente alla prova; un punto è da collegarsi, come già detto, al circuito di ritorno del generatore; qualora lo schema implichi più di una connessione — come accade nel caso dell'alimentatore collegato permanentemente con un polo a terra —, la connessione può essere eseguita con l'interposizione di resistenze.

A questo piano vengono anche connesse le schermature laterali, le guaine dei cavi degli impianti elettrici, gli apparecchi di illuminazione e di sollevamento ecc. Ogni connessione deve essere fatta con collegamenti più brevi possibile, per garantire l'equipotenzialità anche durante gli impulsi.

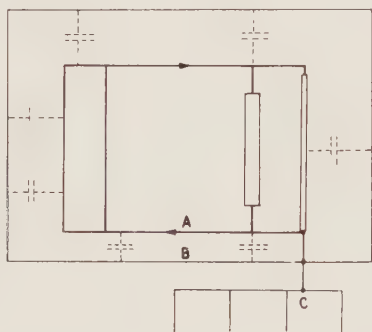


Fig. 10. — Disposizione schematica dei circuiti di terra, in una sala prove.

A), circuito di ritorno del generatore; B), piano di riferimento; C), presa di terra

La presa di terra non deve invece essere mai percorsa da corrente, in modo da assicurare un potenziale ben definito ad un punto del piano di riferimento. Essa consta solitamente di più pali, confitti nel terreno per alcuni metri e collegati fra loro nel modo usuale con cui sono realizzate le prese di terra negli impianti elettrici.

È necessario che le prese di terra siano collegate al piano di riferimento in un solo punto, al fine di evitare che esse siano percorse da correnti: ciò è possibile solo se il piano di riferimento è isolato dal terreno. In pratica ciò non è sempre possibile a causa delle strutture metalliche interrate; la protezione è tanto migliore quanto minore è l'impedenza del piano di riferimento e tanto minori sono le correnti che lo attraversano. In alcuni casi i disturbi possono essere ridotti impiegando, dove si hanno correnti più intense, dei piani metallici ausiliari, isolati da terra e connessi opportunamente al circuito di ritorno piuttosto che al piano di riferimento.

Gli impianti elettrici presenti in sala devono essere eseguiti in cavo sottopiombo; la guaina dovrà essere connessa, eventualmente in più punti, al piano di riferimento. Ciò non evita che le linee abbiano, durante gli impulsi, delle sopraelevazioni di tensione che potrebbero propagarsi a tutta la rete. È perciò conveniente che le linee elettriche facciano capo ad un trasformatore di isolamento (tensione di prova circa 30 kV) in cui è inserito, fra gli avvolgimenti, uno schermo conduttore collegato alla presa di terra delle linee in arrivo. Qualora le dimensioni del trasformatore risultassero eccessive, esso può essere limitato all'alimentazione delle parti più diretta-

mente interessate dall'impianto ad impulsi (comandi, oscillografo ecc.); i servizi ausiliari (illuminazione, forza motrice ecc.) possono esser protetti sia distanziandoli dall'impianto ad impulso, sia provvedendoli di condensatori ( $0,1 \div 1 \mu F$ ) o di scaricatori sui morsetti, sia opportunamente sezionandoli durante le prove.

#### 6. - DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DI UN'ONDA AD IMPULSO.

Per la terminologia, le definizioni e le convenzioni da usarsi nelle prove ad impulso, sono in vigore in Italia le

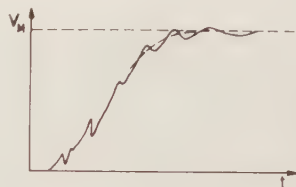


Fig. 11. — Determinazione del valore di cresta su un'onda ad impulso con oscillazioni ad alta frequenza sovrapposte.

Norme CEI 28-2, edizione 1942. Esse seguono da presso le Norme Internazionali sullo stesso argomento (Pubblicazione n. 60 della IEC, edizione 1938) che sono generalmente accettate in tutti i Paesi, esclusi gli Stati Uniti di America.

Sono in corso i lavori di revisione delle Norme Internazionali, tendenti al riavvicinamento delle posizioni europee ed americane ed alle modifiche necessarie per le applicazioni ai più vasti campi di recente sviluppo.

Ciò che maggiormente interessa è sapere come si ricavi, da un rilievo oscillografico che rappresenti l'onda ad impulso in funzione del tempo, le misure del valore di cresta e delle durate del fronte e della coda.

Se l'onda di una tensione registrata è priva di oscillazioni parassite, la lettura del valore di cresta è facile ed immediata; se invece esistono, nell'intorno del valor massimo, delle oscillazioni ad alta frequenza, è necessario prenderne in considerazione la linea media, che deve venir tracciata un poco a sentimento, e sulla quale si determina poi il valore massimo (fig. 11).

Più complesso è il caso in cui le oscillazioni presenti intorno alla cresta siano relativamente lente; si ammette

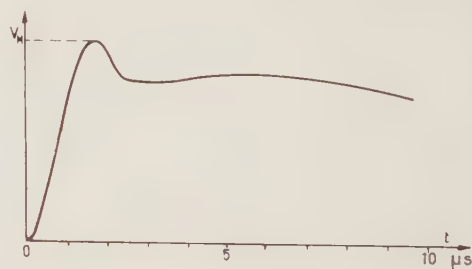


Fig. 12. — Determinazione del valore di cresta in un'onda ad impulso con oscillazioni lente.

in generale che in questo caso sia da considerare il reale valor massimo dell'onda (fig. 12); non è però facile definire il limite fra le oscillazioni « lente » e quelle ad « alta frequenza ». Un criterio, valido soprattutto quando si eseguano prove di tenuta, consiste nel tracciare la curva media dell'oscillogramma in un intorno limitato, per esempio ad un microsecondo, intorno al valor massimo; nelle prove di scarica è bene evitare per quanto possibile l'esistenza di tali oscillazioni, specie se di tipo « lento », che posono falsare la misura tanto più quanto più la scarica si verifica intorno alla cresta. Si tende, in questi casi ad assumere come valore di cresta il reale valor massimo.



Se le oscillazioni sono limitate al 5 % del valore di cresta, come prescrivono le Norme, la scelta dell'uno o dell'altro dei due sistemi comporta una differenza che può arrivare appunto al 5 %, valore relativamente elevato ma non eccessivo, in genere, per queste misure.

La determinazione del valore di cresta ha importanza anche per la determinazione della durata del fronte e della coda; sull'oscillogramma sono infatti difficilmente definibili sia l'istante in cui l'onda ha inizio, anche per la presenza di disturbi nella registrazione, sia l'istante in cui si verifica il valor massimo. Di conseguenza la durata del fronte viene definita convenzionalmente, prendendo come riferimento due punti intermedi, situati per esempio al 10 e al 90 % del valore di cresta.

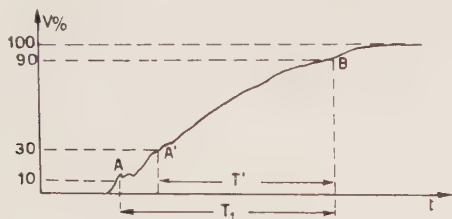


Fig. 13. — Determinazione della durata del fronte.

Individuato dapprima il valore di cresta, si determina sul fronte la posizione dei punti *A* e *B* situati rispettivamente al 10 e al 90 % del valore di cresta, eventualmente considerando l'andamento medio della curva, se sono presenti delle oscillazioni (fig. 13). La misura dell'intervallo di tempo *T* intercorrente fra questi due punti viene eseguita calando da essi due normali alla linea di zero, fino ad intersecare la scala dei tempi che deve essere riportata sullo stesso oscillogramma; la durata convenzionale del fronte si assume pari a 1,25 *T*.

Questo procedimento è indipendente dalla forma della scala dei tempi: in una scala lineare equivale a sostituire al fronte, per la determinazione della sua durata, un

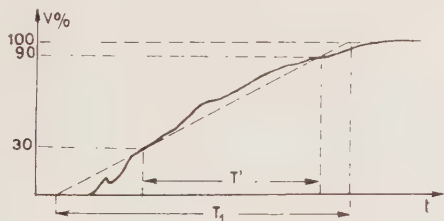


Fig. 14. — Significato della determinazione convenzionale della durata del fronte.

segmento rettilineo passante per i punti *A* e *B* (fig. 14).

La durata del fronte, così determinata, deve essere di 1,0 microsecondo, con una tolleranza del  $\pm 20\%$  (cioè fra 0,8 e 1,2  $\mu s$ ) salvo casi particolari previsti dalle singole Norme (per esempio nei condensatori si ammette un fronte fino a 5  $\mu s$ ).

I valori precedenti sono quelli attualmente in vigore nelle Norme Italiane; è utile confrontarli con quelli delle Norme Americane e con quelli delle Norme Internazionali esistenti, ed in progetto:

Norme . . . . .	Italiane	U.S.A.	I.E.C.	
			attuali	progetto
Punto di riferimento <i>A</i> %	10	30	10	30
Punto di riferimento <i>B</i> %	90	90	90	90
Coefficiente . . . . .	1,25	2,0	1,25	1,67
Fronte nominale . . . $\mu s$	1,0	1,5	1,0	1,2
Tolleranza . . . . . %	$\pm 20$	$-50$	$\pm 50$	$\pm 30$

Il punto d'inizio dell'onda, o origine convenzionale è definito dalle Norme come quel punto in cui la retta passante per i punti *A* e *B*, tracciata per una scala dei tempi lineare, incontra la linea dello zero; esso precede perciò il punto *A* di un tempo pari al 10 % della durata del fronte (cioè 0,125 *T* sull'oscillogramma, indipendentemente dall'andamento della scala dei tempi) se il punto *A* è preso al 10 % del valore di cresta, ovvero di un tempo pari al 30 % di *T*<sub>1</sub> (ossia 0,5 *T'*) nel caso in cui si utilizzi per la determinazione della durata del fronte il punto *A'* situato al 30 % del valore di cresta; la determinazione dell'origine convenzionale non ha in genere grande importanza, quando si debbano misurare durate dell'ordine di parecchi microsecondi.

Questo è, per esempio, il caso della misura della durata della coda, che viene eseguita prendendo l'intervallo di tempo che intercorre fra l'origine convenzionale e l'istante in cui la coda raggiunge un valore pari al 50 % del valore di cresta. Dati i diversi ordini di grandezza, le determinazioni delle durate del fronte e all'emivalue richiedono oscillogrammi diversi, eseguiti con appropriate scale dei tempi.

Le tolleranze sulla durata all'emivalue sono del  $\pm 10\%$  nelle Norme italiane e del  $\pm 20\%$  nelle Norme internazionali, salvo le maggiori tolleranze esistenti nelle Norme relative a singole apparecchiature.

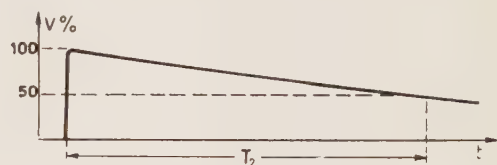


Fig. 15. — Determinazione della durata all'emivalue.

Nella prova di grossi trasformatori, la coda appare spesso deformata dopo un tempo dell'ordine delle decine di microsecondi, per effetto delle riflessioni dell'onda di corrente che si è propagata nell'avvolgimento (fig. 16); anche qui può perciò essere necessaria un'interpretazione dell'andamento equivalente dell'onda.

Le caratteristiche di un'onda troncata sulla coda sono date dagli stessi parametri che definiscono l'onda, in assenza di troncatura, nonché dal tempo che intercorre fra l'origine convenzionale dell'onda e l'istante d'inizio della troncatura.

La determinazione dell'istante *t<sub>c</sub>* in cui si inizia la troncatura, presenta spesso qualche incertezza, dovuta all'arrotondamento della registrazione oscillografica nell'intorno dell'istante di scarica; quando interessi una

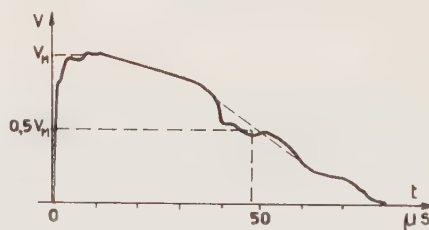


Fig. 16. — Determinazione della durata all'emivalue nel caso di un'onda deformata sulla coda.

definizione accurata, benchè convenzionale, è opportuno considerare l'onda tronca come la risultante di un'onda piena e di un'onda di polarità opposta, la cui origine convenzionale è nell'istante *t<sub>c</sub>*. Si tracciano perciò sull'oscillogramma due andamenti simili all'onda registrata prima della troncatura, con ampiezze rispettivamente 90 e 10 % (o 70 e 10 %, a seconda delle convenzioni adot-



tate per la definizione del fronte); questi due andamenti incontrano la traccia della troncatura in due punti  $A_c$  e  $B_c$  che possono considerarsi, per l'onda di troncatura, alla stessa stregua dei punti  $A$  e  $B$  individuati sul fronte dell'onda originaria; si può quindi determinare l'origine convenzionale dell'onda di troncatura e di conseguenza la durata dell'onda fino alla troncatura (fig. 17).

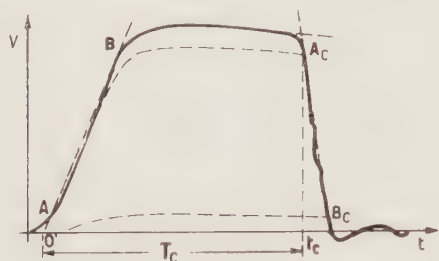


Fig. 17. — Determinazione dell'istante di troncatura.

Per le onde tronche sul fronte è sufficiente la determinazione della durata del fronte, con le convenzioni già illustrate (fig. 18).

In qualche caso interesserebbe conoscere la durata della troncatura, cioè il tempo che intercorre fra l'istante  $t_c$  e l'istante in cui si annulla la tensione. Questo tempo è, per spinterometri a sfere o ad aste, dell'ordine di  $10^{-8}$  secondi; per un oggetto, collegato allo spinterometro da un tratto di conduttore, la variazione di tensione, in seguito all'innesco dello spinterometro stesso è largamente influenzata dalle cadute di tensione nei collegamenti.

La misura di tempi così piccoli è — come meglio si vedrà in seguito — estremamente delicata perchè i divisori di tensione introducono errori dello stesso ordine di grandezza, e talvolta superiori, all'intervallo di tempo da misurare.

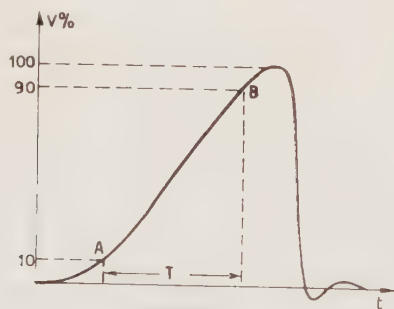


Fig. 18. — Determinazione dei parametri di un'onda troncata sul fronte.

## 7. - DEFINIZIONI RELATIVE AL COMPORTAMENTO DEGLI ISOLANTI.

Si intende per scarica distruttiva — o più semplicemente, scarica — il fenomeno per cui un materiale o una struttura isolante perdono le loro proprietà dielettriche e sono attraversati da una corrente di conduzione. Questa conduzione può distruggere localmente il dielettrico (perforazione) o interessare solo le superfici di separazione fra mezzi diversi (scarica superficiale); in ogni caso la scarica si rivela, in una prova ad impulso, come una brusca diminuzione della tensione ai capi dell'oggetto in prova.

Si verifica facilmente come tale scarica possa avvenire in istanti diversi dell'onda di tensione applicata (scarica sul fronte, sulla cresta, sulla coda). In generale, il valore istantaneo della tensione al momento in cui la scarica ha luogo, non coincide con il valore massimo della tensione applicata; come valore della tensione di scarica si intende

però sempre il valore di cresta, misurato nel modo illustrato al paragrafo 6.

Si verifica inoltre come, variando il valore di cresta della tensione applicata, mantenendone invariata la forma, la scarica avvenga dopo tempi tanto minori quanto più elevato è il valore di cresta. Si giunge così ad ottenere tutta una serie di valori per la tensione di scarica; portandoli in un diagramma, in funzione dei relativi tempi di scarica, si può tracciare per ogni struttura isolante una curva (fig. 19) che è di grande importanza ai fini del coordinamento degli isolamenti.

Per un isolante liquido o gassoso, che reintegra le sue proprietà dielettriche dopo ogni scarica,  $N$  successive applicazioni di tensione della stessa forma e valore di cresta danno luogo ad un numero di scariche  $N' < N$ ; per  $N$  molto grande, si può definire una probabilità di scarica  $P = N'/N$ , corrispondente a quel determinato valore di tensione. Si può quindi costruire una curva in cui la probabilità di scarica è posta in funzione del valore di

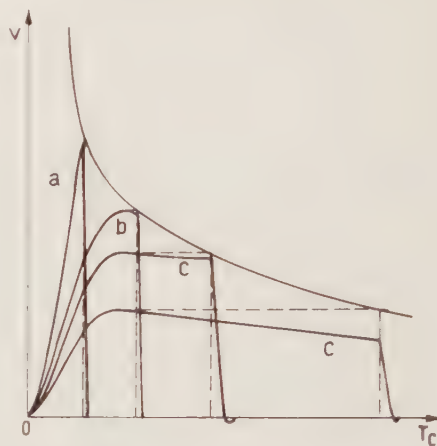


Fig. 19. — Curva tensione - tempo di scarica: a) scarica sul fronte b) scarica sulla cresta; c) scarica sulla coda.

cresta della tensione applicata (fig. 20). Particolare importanza nelle prove di scarica (spinterometri, isolatori ecc.) ha il valore della tensione di scarica 50 %, cioè il valore della tensione per cui si ha la scarica per metà delle applicazioni di tensione ( $P = 0,50$ ). Le zone della curva sopra il 90 o sotto il 10 % possono risultare di incerta determinazione.

In molti casi si può ammettere che la probabilità di scarica sia legata esclusivamente a fattori casuali (come ad esempio, alla probabilità che siano presenti, nella zona

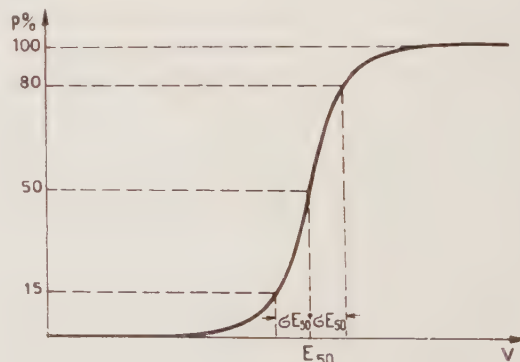


Fig. 20. — Curva di probabilità di scarica.

e negli istanti in cui si verificano i maggiori gradienti, delle cariche elettriche libere in numero sufficiente a dare origine alla scarica). In tal caso la caratteristica di probabilità di scarica può essere definita, oltre che dal va-



lore di tensione che dà luogo alla scarica 50 %, anche dal valore della dispersione  $\sigma$  valutata come lo scarto percentuale fra la tensione di scarica 50 % e quelle di probabilità 15 (o 85) %.

Come valori indicativi di  $\sigma$  si possono considerare:

per spinterometri a sfere . . . . .	0,5 - 2 %
per spinterometri ad aste, tensioni positive . .	2 - 4 »
per spinterometri ad aste, tensioni negative . .	4 - 6 »
per isolatori tipo cappa e perno . . . . .	3 - 8 »
per sfere in olio . . . . .	15 - 20 »
per provini in carta e olio . . . . .	5 - 10 »

Seguendo considerazioni puramente statistiche, risulterebbe che non esiste nè un valore di tensione che dia, con assoluta sicurezza, la tenuta, nè un valore che dia sempre la scarica, in un numero indefinito di applicazioni di tensione. In pratica questi valori si possono ritenere compresi nella zona distante più di  $3\sigma$  dalla tensione di scarica 50 %.

Nel rilievo sperimentale sia delle curve di probabilità di scarica che delle curve tensione-tempo di scarica, come nella determinazione delle tensioni di scarica 50 %, è necessario tener presente alcune cause di incertezza, che possono portare a risultati discordanti, in prove analoghe.

Quando si applica all'oggetto in prova un numero limitato  $n$  di impulsi uguali, la percentuale di quelli che

danno luogo alla scarica:  $p = \frac{n'}{n} \cdot 100$  può essere defi-

nita come la frequenza di scarica: essa tende al valore della probabilità solo al tendere di  $n$  all'infinito. Poichè però lo scarto fra i valori della frequenza e della probabilità è inversamente proporzionale a  $\sqrt{n}$ , non conviene aumentare oltre un certo numero (per esempio dieci o venti) il numero  $n$  degli impulsi applicati per ogni gradino di tensione; è invece opportuno eseguire più gradini che permettano una più sicura interpolazione fra i risultati.

In queste misure — oltre agli eventuali errori sistematici che possono influenzare il valore assoluto dei risultati — intervengono numerosi errori fortuiti: dispersione della tensione fornita dal generatore, errori di lettura ecc. a cui si aggiungono le incontrollabili condizioni ambientali dovute ad agenti ionizzanti di origine esterna. Ne consegue che i risultati di queste prove, ripetuti in condizioni apparentemente identiche, possono dar luogo a scarti dell'ordine del 10 %.

Gli stessi concetti possono essere applicati anche agli isolanti solidi, quando si supponga che il pezzo in prova, dopo ogni scarica, sia sostituito da un pezzo di identiche caratteristiche.

In linea generale, sia la curva tensione-tempo di scarica, sia il valore delle tensioni di scarica 50 % e della dispersione dipendono dalla polarità e dalla forma dell'onda applicata, cioè dalle durate del fronte e della coda.

La tensione di scarica ad impulso di una qualsiasi struttura isolante è in generale maggiore della sua tensione di scarica a frequenza industriale. Si definisce fattore (o rapporto) d'impulso il rapporto fra la tensione di scarica 50 % ad impulso ed il valore di cresta della tensione di scarica nelle prove a frequenza industriale per un minuto.

Questo rapporto è unitario per l'aria in un campo elettrico uniforme, sale a valori di 1,2-1,3 per l'aria in campi disuniformi, ha valori intorno a 2,5 per l'olio e fra 2 e 3 per gli isolanti solidi.

#### 8. - USO DELLO SPINTEROMETRO A SFERE.

Lo spinterometro a sfere è costituito da due elettrodi metallici sferici, di egual diametro  $D$ , posti in aria orizzontalmente o verticalmente ad una distanza regolabile  $s$  (fig. 21); il valore della tensione ad impulso che dà luogo alla scarica 50 % fra le sfere, quando una di queste è col-

legata a terra, è funzione della distanza  $s$  e del diametro  $D$ .

Questi valori sono riportati nelle Norme nazionali ed internazionali, assieme a tutte le prescrizioni costruttive, sia delle sfere che dei loro supporti, per la loro disposizione, le connessioni, le distanze minime e massime dal piano di terra, le distanze minime dalle pareti e dai corpi estranei, conduttori e isolanti. Queste distanze, che sono necessarie per evitare deformazioni nel campo fra le sfere, sono funzioni sia del diametro delle sfere, che della distanza a cui vengono usate (tabella II).

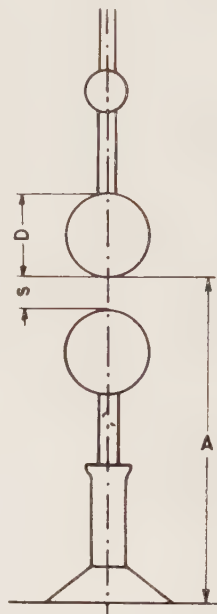


Fig. 21 a). — Spinterometro a sfere ad asse verticale.

È importante che queste prescrizioni siano osservate, per poter garantire la concordanza con i valori dati dalle Norme entro una fascia del  $\pm 3\%$ ; lo spinterometro a sfere è stato infatti scelto come strumento di misura poichè la sua configurazione geometrica si presta bene sia allo studio teorico, sia alla riproducibilità fisica. È stato compiuto un lungo lavoro di confronto di risultati sperimentali, allo scopo di valutare quali siano le influenze degli oggetti esterni, cioè fino a qual punto ci si possa allontanare dalla condizione ideale di un campo determinato solo dalle dimensioni delle sfere.

I valori assoluti delle tensioni dati nelle tabelle delle Norme — intesi con riferimento ai campioni di f.e.m. — non sono quindi noti con esattezza; lo spinterometro rappresenta piuttosto un campione a sè, convenzionalmente assunto come riferimento per la misura delle alte ten-

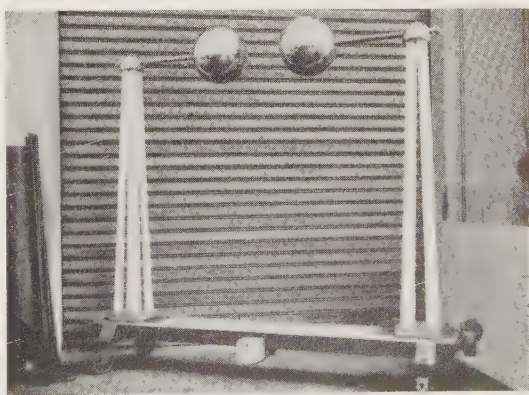


Fig. 21 b). — Spinterometro a sfere con asse orizzontale.



TABELLA II. — Caratteristiche d'impiego degli spinterometri a sfere.

Diametro nominale . . . . .	cm	50	75	100	150	200	
Tensione massima. . . . . (per $s = 0,5 D$ )	kV	570	785	1040	1480	1820	
Altezza $A$ {	minima . . . . .	cm	290	300	350	450	600
	massima . . . . .	cm	300	450	500	600	800
Distanza dagli oggetti estranei (1) . . . . .	»	8 s	8 s	7 s	6 s	6 s	

(<sup>1</sup>) In ogni caso maggiore di due volte il diametro nominale.

sioni; l'errore del 3 % rappresenta il limite di riproducibilità della misura, fatta in laboratori diversi e in condizioni diverse, entro il campo delle prescrizioni date.

Le tabelle III e IV riportano i valori di cresta delle tensioni di scarica 50 %, rispettivamente per tensioni positive e negative, alla temperatura di 20 °C e alla pressione di 760 mmHg, come sono date dalle Norme più recenti. Un coefficiente di correzione permette di riportare i valori alla temperatura e alla pressione esistenti nell'ambiente in cui vengono eseguite le misure.

Questi valori sono validi per onde ad impulso con fronte non minore di 1  $\mu$ s e con durata all'emivalue non

inferiore a 30  $\mu$ s; quando la distanza  $s$  sia maggiore del raggio della sfera, la riproducibilità delle misure scende, per la maggior influenza degli oggetti estranei; le cifre sono perciò indicate fra parentesi.

Il campo di misura è d'altra parte limitato dalla lettura della distanza fra le sfere; più che l'errore di lettura vero e proprio, quando si usano distanze limitate, la misura può essere influenzata dagli spostamenti della posizione di zero, per deformazioni termiche o meccaniche.

Poichè lo spinterometro ha una certa capacità — dell'ordine di 200÷300 pF per metro di diametro delle sfere — la sua connessione con il generatore può dar luogo ad un circuito oscillante, che falsa la forma dell'onda applicata; le Norme prevedono perciò che possa essere inserita una resistenza serie, di valore non superiore a 500 ohm, con induttanza minore di 30  $\mu$ H. La resistenza ha anche lo scopo di ridurre le sollecitazioni sugli oggetti in prova, conseguenti all'innesco dello spinterometro, e a limitare la corrente nello spinterometro stesso, evitando il deterioramento della sua superficie.

Per misurare una data tensione, fornita dal generatore, si avvicinano le sfere a gradini successivi, finchè su una serie di dieci impulsi alla stessa tensione la scarica si inneschi almeno due e non più di cinque volte; si avvicinano allora le sfere di un 2÷3 %, finchè la scarica si inneschi, sempre in una serie di dieci impulsi, almeno cinque volte; si ricava per interpolazione la distanza corrispondente a cinque scariche in una serie di dieci, valore

TABELLA III. — Valori di cresta, in chilovolt, della tensione di scarica 50% con tensioni ad impulso di forma normale e di polarità positiva.

Distanza spinterometrica (in cm)	Diametro nominale delle sfere in cm											
	2	5	6,25	10	12,5	15	25	50	75	100	150	200
0,30	11,2	11,2										
0,40	14,4	14,3	14,2									
0,50	17,4	17,4	17,2	16,8	16,8	16,8						
0,60	20,4	20,4	20,2	19,9	19,9	19,9						
0,70	23,2	23,4	23,2	23,0	23,0	23,0						
0,80	25,8	26,3	26,2	26,0	26,0	26,0						
0,90	28,3	29,2	29,1	28,9	28,9	28,9						
1,0	30,7	32,0	31,9	31,7	31,7	31,7	31,7					
1,2	(35,1)	37,8	37,6	37,4	37,4	37,4	37,4					
1,4	(38,5)	43,3	43,2	42,9	42,9	42,9	42,9					
1,5	(40,0)	46,2	45,9	45,5	45,5	45,5	45,5					
1,6		49,0	48,6	48,1	48,1	48,1	48,1					
1,8		54,5	54,0	54,0	54,0	54,0	54,0					
2,0		59,5	59,0	59,0	59,0	59,0	59,0	59,0	59,0			
2,2		64,0	64,0	64,5	64,5	64,5	64,5	64,5	64,5			
2,4		69,0	69,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0			
2,6		(73,0)	73,5	75,5	75,5	75,5	75,5	75,5	75,5			
2,8		(77,0)	78,0	80,5	80,5	80,5	81,0	81,0	81,0			
3,0		(81,0)	82,0	85,5	85,5	85,5	86,0	86,0	86,0	86,0		
3,5		(90,0)	(91,5)	97,5	98,0	98,5	99,0	99,0	99,0	99,0		
4,0		(97,5)	(101)	109	110	111	112	112	112	112		
4,5			(108)	120	122	124	125	125	125	125		
5,0			(115)	130	134	136	138	138	138	138	138	
5,5				(139)	145	147	151	151	151	151	151	
6,0				(148)	155	158	163	164	164	164	164	
6,5				(156)	(164)	168	175	177	177	177	177	
7,0				(163)	(173)	178	187	189	190	190	190	
7,5				(170)	(181)	187	199	202	203	203	203	
8,0					(189)	(196)	211	214	215	215	215	
9,0					(203)	(212)	233	239	240	241	241	
10					(215)	(226)	254	263	265	266	266	266
11						(238)	273	287	290	292	292	292
12						(249)	291	311	315	318	318	318
13							(308)	334	339	342	342	342
14							(323)	357	363	366	366	366

(segue)



(seguito Tabella III)

Distanza spinterometrica (in cm)	Diametro nominale delle sfere in cm											
	2	5	6,25	10	12,5	15	25	50	75	100	150	200
15							(337)	380	387	390	390	390
16							(350)	402	411	414	414	414
17							(362)	422	435	438	438	438
18							(374)	442	458	462	462	462
19							(385)	461	482	486	486	486
20							(395)	480	505	510	510	510
22								510	545	555	560	560
24								540	585	600	610	610
26								570	620	645	655	660
28								(595)	660	685	700	705
30								(620)	695	725	745	750
32								(640)	725	760	790	795
34								(660)	755	795	835	840
36								(680)	785	830	880	885
38								(700)	(810)	865	925	935
40								(715)	(835)	900	965	980
45									(890)	980	1060	1090
50									(940)	1040	1150	1190
55									(985)	(1100)	1240	1290
60									(1020)	(1150)	1310	1380
65										(1200)	1380	1470
70										(1240)	1430	1550
75										(1280)	1480	1620
80											(1530)	1690
85											(1580)	1760
90											(1630)	1820
100											(1720)	(1930)
110											(1790)	(2030)
120											(1860)	(2120)
130												(2200)
140												(2280)
150												(2350)

che si considera, entro i limiti di precisione ammissibili, equivalente alla scarica 50 %. Nella dispersione delle misure interviene naturalmente anche la dispersione dei valori di tensione forniti dal generatore, che è teoricamente regolato per fornire una tensione costante; riducendo tale dispersione, mediante i dispositivi d'innesco comandato, si ottengono scarti molto piccoli fra la tensione di tenuta e la tensione di scarica 100 % (dieci scariche su dieci impulsi); in tal caso, se lo scarto fra due letture è minore del 3 %, il valore medio può essere assunto come misura della tensione di scarica 50 %.

La tensione  $V_0$ , che corrisponde alla scarica 50 % alla temperatura di 20 °C e alla pressione di 760 mmHg, si legge sulle tabelle, tenuto conto della polarità dell'onda applicata; la reale tensione di scarica nelle condizioni ambientali di prova è

$$V = k V_0 \quad \text{con} \quad k = 0,06 + 0,362 \frac{H}{273 + t}$$

( $H$  = pressione in mmHg,  $t$  = temperatura in °C) il coefficiente  $k$  varia, rispetto all'unità, di + 1,2 ‰ per mmHg e di - 3,2 ‰ per °C. Le cifre sono di solito arrotondate, per tener conto delle incertezze di misura.

Esaminando le curve della fig. 22 si possono fare alcune considerazioni sulle caratteristiche degli spinterometri, utili ai fini del loro corretto impiego.

Risulta infatti che il gradiente medio di scarica, per una data distanza spinterometrica, cresce all'aumentare

del diametro delle sfere, in conseguenza della maggiore uniformità del campo elettrico, realizzata con sfere di maggior diametro. Si può però notare come, per distanze

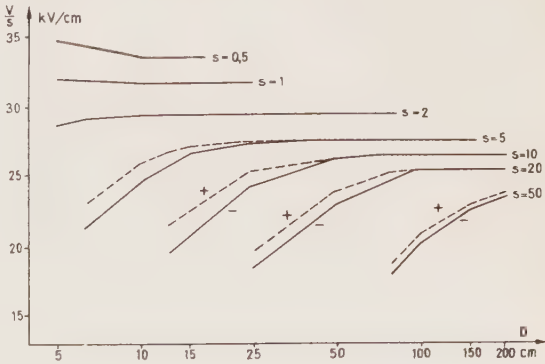


Fig. 22. — Gradiente medio di scarica degli spinterometri a sfere in funzione del loro diametro e per varie distanze spinterometriche.

inferiori ai 2 cm, cioè per tensioni di scarica inferiori ai 50 kV, l'andamento tenda a rovesciarsi; ciò si spiega con il fatto che le sfere più piccole hanno minore area a disposizione per l'emissione di cariche che diano inizio alla scarica. A questo può porsi rimedio mediante un adeguato irraggiamento delle sfere.



L'irradiazione delle sfere ha il compito di fornire una certa quantità di elettroni liberi nella zona assoggettata al campo elettrico, riducendo il tempo necessario per iniziare la scarica. L'irradiazione, applicata agli spinterometri a sfere, anche per tensioni superiori ai 50 kV, ha l'effetto di ridurre il tempo di scarica e con esso la dispersione delle misure; si diminuisce però anche il valore della tensione di scarica 50 % per tensioni positive, portandolo a coincidere con quello per tensioni negative (fig. 23).

L'irradiazione si può ottenere sia con capsule radioattive, sia con l'illuminazione con raggi ultravioletti, sia con la influenza di scariche e di effluvi su oggetti circolanti.

L'irradiazione con sorgenti radioattive è la più stabile ed indipendente dalla tensione; una capsula contenente circa 0,5 mg di Radio, o di altro materiale di equivalente attività, viene posta in una delle due sfere, preferibilmente in quella ad alta tensione, in vicinanza del suo punto di scarica. Le radiazioni ionizzanti, che hanno maggiore efficacia, sono le radiazioni  $\alpha$ ; esse superano agevolmente lo spessore di metallo delle sfere creando elettroni liberi nella zona di maggior campo elettrico.

L'illuminazione con raggi ultravioletti è ancora più efficace, in quanto provoca l'emissione di elettroni dalla superficie stessa delle sfere, per effetto fotoelettrico; que-

sto dipende largamente dalla natura e dallo stato delle superfici. Risulta in ogni caso necessario che l'illuminazione cada il più possibile normalmente alla superficie delle sfere, nella regione intorno al loro punto di scarica.

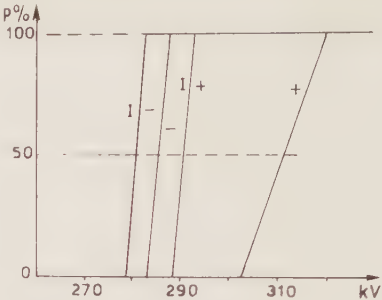


Fig. 23. — Curve di probabilità di scarica di spinterometro con sfere da 25 cm e distanza 12,5 cm, senza irradiazione e con irradiazione (I) di 0,5 mg di radio.

Le sorgenti sono costituite da lampade a vapori di mercurio, della potenza di alcune decine di watt; esse sono poste alla minima distanza compatibile con le prescrizioni date dalle Norme.

TABELLA IV. — Valori di cresta, in chilovolt, della tensione di scarica 50% con tensioni ad impulso di forma normale e di polarità neg attiva

Distanza spinterometrica (in cm)	Diametro nominale delle sfere in cm											
	2	5	6,25	10	12,5	15	25	50	75	100	150	200
0,30	11,2	11,2										
0,40	14,4	14,3	14,2									
0,50	17,4	17,4	17,2	16,8	16,8	16,8						
0,60	20,4	20,4	20,2	19,9	19,9	19,9						
0,70	23,2	23,4	23,2	23,0	23,0	23,0						
0,80	25,8	26,3	26,2	26,0	26,0	26,0						
0,90	28,3	29,2	29,1	28,9	28,9	28,9						
1,0	30,7	32,0	31,9	31,7	31,7	31,7	31,7					
1,2	(35,1)	37,6	37,5	37,4	37,4	37,4	37,4					
1,4	(38,5)	42,9	42,9	42,9	42,9	42,9	42,9					
1,5	(40,0)	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5	45,5					
1,6		48,1	48,1	48,1	48,1	48,1	48,1					
1,8		53,0	53,5	53,5	53,5	53,5	53,5					
2,0		57,5	58,5	59,0	59,0	59,0	59,0	59,0	59,0			
2,2		61,5	63,0	64,5	64,5	64,5	64,5	64,5	64,5			
2,4		65,5	67,5	69,5	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0			
2,6		(69,0)	72,0	74,5	75,0	75,5	75,5	75,5	75,5			
2,8		(72,5)	76,0	79,5	80,0	80,5	81,0	81,0	81,0			
3,0		(75,5)	79,5	84,0	85,0	85,5	86,0	86,0	86,0	86,0		
3,5		(82,5)	(87,5)	95,0	97,0	98,0	99,0	99,0	99,0	99,0		
4,0		(88,5)	(95,0)	105	108	110	112	112	112	112		
4,5			(101)	115	119	122	125	125	125	125		
5,0			(107)	123	129	133	137	138	138	138	138	
5,5				(131)	138	143	149	151	151	151	151	
6,0				(138)	146	152	161	164	164	164	164	
6,5				(144)	(154)	161	173	177	177	177	177	
7,0				(150)	(161)	169	184	189	190	190	190	
7,5				(155)	(168)	177	195	202	203	203	203	
8,0					(174)	(185)	206	214	215	215	215	
9,0					(185)	(198)	226	239	240	241	241	
10					(195)	(209)	244	263	265	266	266	266
11						(219)	261	286	290	292	292	292
12						(229)	275	309	315	318	318	318
13							(289)	331	339	342	342	342
14							(302)	353	363	366	366	366

(segue)



(seguito Tabella IV)

Distanza spintero- metrica (in cm)	Diametro nominale delle sfere in cm											
	2	5	6,25	10	12,5	15	25	50	75	100	150	200
15							(314)	373	387	390	390	390
16							(326)	392	410	414	414	414
17							(337)	411	432	438	438	438
18							(347)	429	453	462	462	462
19							(357)	445	473	486	486	486
20												
22							(366)	460	492	510	510	510
24								489	530	555	560	560
26								515	565	595	610	610
28								(540)	600	635	655	660
								(565)	635	675	700	705
30												
32								(585)	665	710	745	750
34								(605)	695	745	790	795
36								(625)	725	780	835	840
38								(640)	750	815	875	885
								(665)	(775)	845	915	930
40												
45								(670)	(800)	875	955	975
50									(850)	945	1050	1080
55									(895)	1010	1130	1180
60									(935)	(1060)	1210	1260
									(970)	(1110)	1280	1340
65												
70										(1160)	1340	1410
75										(1200)	1390	1480
80										(1230)	1440	1540
85											(1490)	1600
											(1540)	1660
90												
100											(1580)	1720
110											(1660)	1840
120											(1730)	(1940)
130											(1800)	(2020)
												(2100)
140												(2180)
150												(2250)

Nei laboratori adibiti alle prove ad impulso, è sempre presente una certa dose di irradiazione artificiale, per effetto sia delle cariche liberate per effluvio dalla sorgente di tensione continua che alimenta il generatore, sia soprattutto della radiazione ultravioletta emessa dagli spinterometri che collegano i vari stadi del generatore, durante il periodo per cui restano innescati. Queste radiazioni sono particolarmente efficaci perchè la loro lunghezza d'onda è minore di quella ottenibile dalle comuni lampade.

L'irradiazione, se è necessaria per la misura delle tensioni fino a 50 kV, è consigliabile quando si usino spinterometri con diametro inferiore a 12,5 cm. Una certa dose di irradiazione naturale è anche necessaria per la misura delle tensioni più elevate ma, se essa è eccessiva, altera i valori delle tensioni di scarica 50 % con onde positive. Se tuttavia essa fosse insufficiente, la dispersione delle misure sarebbe molto elevata, come può essere verificato schermando completamente lo spinterometro dal generatore ad impulsi.

#### 9. - I DIVISORI DI TENSIONE. CONCETTI GENERALI.

Il complesso divisore-oscillografo permette la misura sia dell'ampiezza che della forma d'onda della tensione ad impulso da misurare, mediante la registrazione fotografica, in funzione del tempo, dei valori istantanei di una tensione proporzionale, istante per istante, alla tensione da misurare.

Possiamo suddividere il complesso in più elementi:

— il divisore di tensione, che ha il compito di ridurre la tensione da misurare ai valori adatti alla registrazione oscillografica, secondo un rapporto di similitudine noto, mantenendone invariata la forma;

— l'oscillografo a raggi catodici, che deve provvedere a tradurre i valori istantanei della tensione applicata in deviazioni di un raggio, su uno schermo fluorescente e quindi sulla lastra fotografica, in funzione del tempo;

— le apparecchiature accessorie, come il cavo di collegamento fra divisore e oscillografo, il dispositivo di sincronizzazione, che inizia la registrazione oscillografica in coincidenza con l'inizio del fenomeno da registrare, l'apparecchiatura fotografica ecc.

La necessità di misurare transitori singoli, di grande ampiezza e rapidamente variabili nel tempo, impone particolari requisiti a ciascuno di questi elementi, che sono in linea di principio analoghi ad apparecchi di simile impiego, usati in altri campi di misura.

Il divisore di tensione più semplice può immaginarsi formato da un complesso di due resistenze  $R_1$  e  $R_2$  (fig. 24) fra di loro in serie, a cui è applicata la tensione da misurare  $v_1$ ; la tensione che si presenta ai capi della resistenza  $R_2$  vale

$$v_2 = v_1 \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

e segue l'andamento istantaneo di  $v_1$  secondo il rapporto costante  $R_2/R_1 + R_2$  (che in molti casi si riduce praticamente al valore  $R_2/R_1$ , poichè è  $v_1 \gg v_2$ ;  $R_1 \gg R_2$ ) rap-



porto che è facilmente determinabile, per esempio con metodi di ponte in corrente continua. La misura delle resistenze può farsi anche a bassa tensione, se la costruzione è tale da garantire la costanza del rapporto delle resistenze  $R_2$  e  $R_1$ , indipendentemente dagli effetti termici e dalle eventuali dispersioni per effluvi, esistenti a tensione elevata.

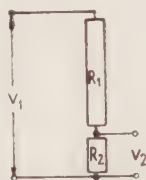


Fig. 24. — Schema di principio di un divisore ohmico.

Analogo ragionamento può essere fatto per un complesso di due capacità  $C_1$  e  $C_2$  (fig. 25), fra loro in serie; in tal caso la tensione che si presenta sul condensatore  $C_2$  vale:

$$v_2 = v_1 \frac{C_1}{C_1 + C_2} ;$$

il rapporto del divisore può quindi ugualmente essere determinato attraverso delle misure con metodi di ponte a bassa tensione, alla frequenza più opportuna.

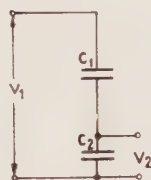


Fig. 25. — Schema di principio di un divisore capacitivo.

In generale, se il divisore è composto di due impedenze (operatoriali)  $Z_1(p)$  e  $Z_2(p)$ , fra loro in serie, la funzione di trasferimento che lega le  $L$ -trasformate della tensione applicata al complesso e della tensione prelevata sulla  $Z_2$ , si può scrivere

$$\frac{v_2(p)}{v_1(p)} = \frac{Z_2(p)}{Z_1(p) + Z_2(p)} ;$$

perchè questa funzione di trasferimento si riduca ad un termine costante — cioè perchè l'andamento nel tempo delle tensioni  $v_1$  e  $v_2$  sia simile, qualunque sia la forma della  $v_1$  — è necessario che il rapporto  $Z_2(p)/Z_1(p)$  sia costante, indipendente dal parametro  $p$ . In altre parole, è necessario che le due impedenze  $Z_1$  e  $Z_2$  siano fra loro simili, cioè entrambe formate da sole resistenze, o da sole capacità, come mostrato negli esempi precedenti, o an-

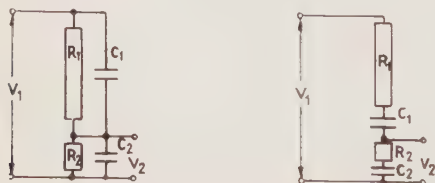


Fig. 26. — Schemi di principio di divisori misti.

che da complessi di resistenze e capacità in serie o parallelo (fig. 26) con  $R_1 C_1 = R_2 C_2$ .

A seconda degli elementi che compongono le impedenze  $Z_1$  e  $Z_2$  e che determinano perciò il rapporto fra le

tensioni  $v_1$  e  $v_2$ , il divisore si potrà chiamare ohmico (o resistivo), capacitivo, o misto; il rapporto del divisore sarà sempre misurabile con tensioni di forma qualsiasi (per esempio tensioni continue, o sinusoidali, a bassa o ad alta frequenza ecc.) in quanto tale rapporto deve essere, in linea di principio, indipendente dall'andamento nel tempo della tensione applicata.

In pratica, di fronte ai transistori rapidi, rappresentati dalle tensioni ad impulso, e per le stesse dimensioni fisiche del divisore, imposte dalle tensioni in gioco, è difficile che gli elementi che lo costituiscono possano essere considerati pure resistenze o pure capacità: esisteranno sempre sia delle induttanze che delle capacità nelle prime, delle induttanze e delle resistenze nelle seconde, elementi che chiameremo parassiti, in quanto alterano il comportamento del divisore, sotto tensioni ad impulso, introducendo degli errori di misura.

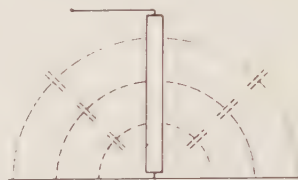


Fig. 27. — Capacità parassite verso terra in un divisore ohmico

Prima di esaminare quantitativamente l'influenza di questi elementi parassiti, e i metodi di taratura adatti per i divisori, esaminiamo in via qualitativa gli effetti delle capacità parassite verso terra sul comportamento di un divisore resistivo, assieme ai mezzi per la loro compensazione.

La capacità distribuita, che la resistenza  $R_1$  presenta rispetto a terra (fig. 27) assorbe, in regime di tensioni variabili, una corrente non trascurabile, che determina in una parte della resistenza  $R_1$  delle cadute di tensione, variabili con la forma della tensione applicata; questa corrente di capacità non interessa la resistenza  $R_2$  e perciò la tensione che si presenta su di essa non è simile alla tensione applicata.

Notiamo che in questo caso non sono nemmeno più definibili le due impedenze in serie  $Z_1$  e  $Z_2$ , benchè si possa sempre parlare di una funzione di trasferimento

$$\frac{v_2(p)}{v_1(p)} = G(p)$$

funzione del parametro  $p$ .

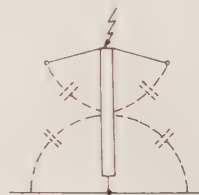


Fig. 28. — Divisore ohmico compensato.

Come ordine di grandezza, si pensi che un divisore per 1 000 kV, alto oltre due metri, presenta una capacità distribuita verso terra dell'ordine di 30 pF; questa capacità assorbe, durante il fronte di un'onda normale, parecchie decine di ampere, che si riducono a frazioni di ampere sulla coda dell'onda. Perchè l'effetto di queste capacità fosse trascurabile, occorrerebbe che la resistenza assorbisse correnti venti o trenta volte maggiori (col che l'energia dissipata nel divisore potrebbe risultare proibitiva, sia per il generatore, sia per il dimensionamento termico del divisore stesso) ovvero che queste correnti di



capacità fossero fornite da mezzi esterni (compensatori o schermi).

La compensazione può effettuarsi fornendo ad ogni punto della resistenza  $R_1$  la stessa corrente che da quel punto fluisce verso terra, evitando che essa attraversi il resistore; ciò si può ottenere dotando ogni punto di  $R_1$  di una capacità verso l'estremità ad alta tensione. Questa capacità viene realizzata mediante un « ombrello » metallico, opportunamente disposto (fig. 28). Occorrerebbe, in linea teorica, che l'andamento delle capacità verso l'ombrello e verso terra fosse punto per punto inversamente proporzionale al rapporto fra le differenze di potenziale del punto considerato verso l'estremo ad alta tensione e verso terra.

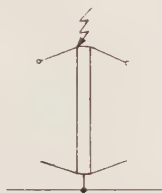


Fig. 29. — Divisore ohmico compensato.

Quello che però importa è il risultato globale e, a tale scopo, può convenire simmetrizzare il complesso con un elettrodo di terra di forma opportuna (fig. 29).

La corrente necessaria alle capacità parassite può anche essere fornita da uno schermo esterno, composto — nella maggior parte dei casi — da condensatori disposti attorno al resistore e, come questo, collegati fra l'alta tensione e la terra. Questi condensatori possono essere tali, o per il loro valore, o per la loro distribuzione lungo l'altezza del divisore, da rendere trascurabile l'effetto delle capacità parassite: anche se ciò non fosse realizzato in modo completo, e la distribuzione della tensione non fosse lineare lungo lo schermo, le d.d.p. fra i punti del divisore e i corrispondenti punti dello schermo risultano molto ridotte e conseguentemente ridotte le

correnti di capacità che escono dalla resistenza  $R_1$ . Lo schermo deve di conseguenza essere sufficientemente distante dal divisore, per limitare l'accoppiamento capacitivo divisore-schermo, e nel tempo stesso abbastanza vicino da esso, per eliminarne le capacità verso terra.

In ogni caso, sia con il divisore schermato che con quello compensato, il miglioramento del comportamento del divisore si ottiene mediante l'aggiunta di una capacità in parallelo; questa capacità deve essere di valore limitato poichè può provocare, con l'induttanza dei collegamenti, dei fenomeni oscillatori. In molti casi, la capacità dello schermo serve anche come capacità di carico del generatore.

#### IO. — ANALISI DEL COMPORTAMENTO DEI DIVISORI DI TENSIONE.

Per meglio comprendere l'effetto delle capacità parassite in un divisore ohmico, si consideri il complesso di fig. 31 a, costituito da due resistenze pure  $R_1$  e  $R_2$  e da una capacità concentrata verso terra,  $C$ ; l'insieme si può facilmente ricondurre allo schema equivalente di fig. 31 b, quando si sia posto:

$$v_{1e} = v_1 \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad ; \quad R_e = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

La tensione di alimentazione dello schema equivalente,  $v_{1e}$ , è la tensione che si ricaverebbe da un divisore ohmico perfetto, in assenza della capacità parassita  $C$ . Sarà quindi sufficiente esaminare, per conoscere gli errori

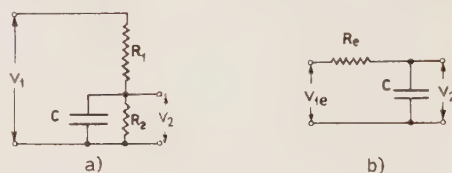


Fig. 31 a). — Schema di principio di un divisore ohmico con capacità parassita.

Fig. 31 b). — Circuito equivalente allo schema di fig. 31 a).

del divisore, di quanto l'andamento di  $v_2$  differisca da quello di  $v_{1e}$ . Dall'esame del circuito, si riconosce che gli errori sono legati solo all'andamento nel tempo della  $v_{1e}$  e al valore della costante di tempo  $T_0 = R_e C$  del sistema.

Supponiamo ad esempio che la  $v_{1e}$  abbia un andamento linearmente crescente nel tempo fino all'istante  $T$  — andamento che può rappresentare, in prima approssimazione, un'onda troncata sul fronte all'istante  $T$ . Si dimostra facilmente che la  $v_2$  presenta l'andamento di fig. 32 con un errore relativo sull'ampiezza massima e un

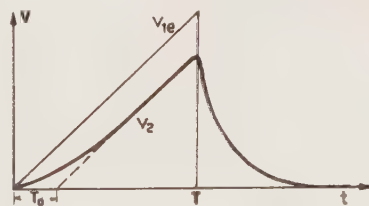


Fig. 32. — Comportamento del circuito di fig. 31 b sotto una tensione applicata di forma triangolare.

errore relativo sulla durata del fronte che valgono entrambi

$$i, - \frac{T_0}{T}.$$

In modo analogo si possono ricavare gli errori relativi

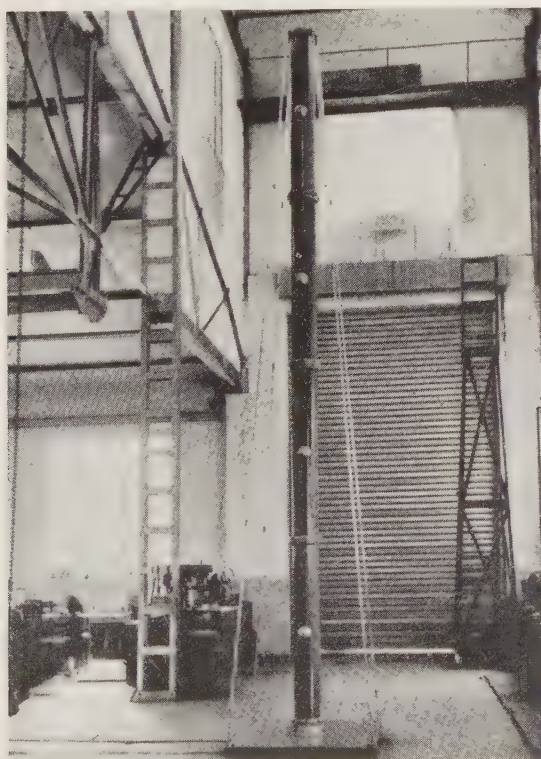


Fig. 30. — Divisore ohmico schermato per 2400 kV.



sull'ampiezza e sulla durata del fronte, nel caso in cui la  $v_{1e}$  abbia la forma di un'onda ad impulso normale, tipo 1/50, schematizzata nella differenza di due esponenziali. I risultati sono influenzati dalla convenzionalità della definizione della durata  $T_1$  del fronte, ma si può ritenere che l'errore relativo su tale durata sia della forma

$$\eta_{T_1} = 2 \left( \frac{T_0}{T_1} \right)^2$$

per cui risulta, con  $T_1 = 1 \mu s$ , un errore del 10 % quando sia  $T_0 = 0,2 \mu s$ .

L'errore sull'ampiezza massima dipende invece soprattutto dalla durata della coda: è infatti evidente che la tensione  $v_2$  arriverebbe sempre a poter coincidere con la  $v_{1e}$ , se questa restasse ad un valore massimo costante. Si dimostra che, detta  $T_2$  la durata all'emivalore, l'errore relativo sul valore di cresta si può calcolare con

$$\eta_M = -2 \frac{T_0}{T_2};$$

col valore di  $T_0$  di  $0,2 \mu s$ , che come abbiamo visto dà un errore sulla durata del fronte del 10 %, si ottiene in una onda normale con  $T_2 = 50 \mu s$ , un errore sul valore di cresta minore dell'uno per cento. La presenza della costante di tempo  $T_0$  allunga quindi il fronte e riduce la ampiezza della tensione misurata, rispetto ai valori che si avrebbero in una registrazione ideale. Si noti anche come siano preponderanti gli errori sulla durata del fronte, rispetto a quelli sul valore di cresta.

Se la tensione  $v_{1e}$  assume la forma della tensione unitaria (fig. 33) la  $v_2$  ha il ben noto andamento esponenziale

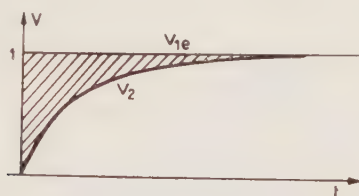


Fig. 33. — Comportamento del circuito di fig. 31 b) sotto tensione applicata con forma unitaria.

con costante di tempo  $T_0$ ; è noto che l'area compresa fra le due funzioni  $v_{1e}$  e  $v_2$  assume in tal caso proprio il valore  $T_0$ .

Si può dimostrare come, anche per sistemi più complessi, sia possibile definire un parametro, analogo alla costante di tempo  $T_0$  del sistema considerato, e che viene detto tempo di risposta del divisore. Esso viene definito appunto dall'area compresa fra le funzioni  $v_{1e}$  e  $v_2$ , quando la prima — che altro non è che la tensione applicata al sistema, divisa per il rapporto del divisore, — assuma la forma della funzione unitaria. Questo parametro ha un segno, in quanto l'area viene considerata positiva o negativa, a seconda che sia  $v_{1e} > v_2$  o viceversa.

Il concetto di tempo di risposta è molto utile in quanto il suo valore  $T_0$  che può essere introdotto nelle precedenti relazioni per calcolare, con sufficiente approssimazione, gli errori del divisore nella misura di tensioni ad impulso di data forma, può essere determinato con metodi diversi.

Il sistema più aderente alla definizione che di  $T_0$  è stata data più sopra, consiste nell'applicare al divisore una tensione di forma il più possibile prossima a quella della funzione unitaria; ciò può essere realizzato a bassa tensione, con adatti circuiti elettronici, ad impulsi ricorrenti, o ad alta tensione, ricorrendo ad onde troncate dalla scarica di spinterometri irradiati, in gas compresso o in olio.

Il principio di misura può essere ulteriormente ampliato, applicando al divisore una tensione di forma nota, ma qualsiasi purchè tenda ad un valore finale costante;

si dimostra infatti che l'area compresa fra le tensioni  $v_{1e}$  e  $v_2$  è indipendente dal modo con cui la  $v_{1e}$  raggiunge il suo valore finale (fig. 34).

La misura del tempo di risposta può anche essere eseguita esplorando il comportamento del divisore, alimentato da una f.e.m. sinusoidale permanente, in un largo campo di frequenze. Detto  $G(\omega)$  il rapporto fra i moduli della tensione misurata e della tensione applicata, in corrispondenza al regime sinusoidale di pulsazione  $\omega$ , si di

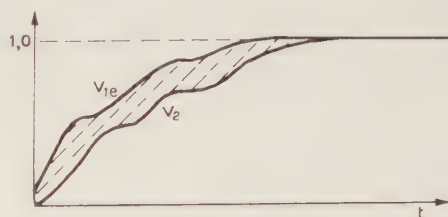


Fig. 34. — Determinazione del tempo di risposta di un divisore con un'onda di forma qualsiasi tendente ad un valore finale unitario.

mostra che il tempo di risposta  $T_0$  è proporzionale, secondo la costante  $2/\pi$ , all'area compresa fra l'asse delle ascisse e la funzione:  $\ln G(\omega) - \ln G(0)$ , portata in funzione di  $1/\omega$  (fig. 35). Si può anche ricavare  $T_0$  dalla misura della differenza di fase fra la tensione applicata e la tensione misurata, poichè si dimostra che tale differenza di fase vale  $\omega T_0$ , al tendere di  $\omega$  a zero.

Il pregio di questi metodi di taratura è di poter essere eseguiti a bassa tensione, col vantaggio di poter disporre di elementi campioni di limitate dimensioni fisiche e di sufficiente precisione, quali sono quelli abitualmente adottati per le misure ad alta frequenza.

In qualche caso il valore del tempo di risposta può essere calcolato per via analitica, qualora sia nota la funzione di trasferimento del divisore (in forma operazionale)  $G(p)$ ; si ha infatti

$$T_0 = - \frac{G'(0)}{G(0)}$$

essendo  $G(0)$  e  $G'(0)$  i valori che la funzione  $G(p)$  e, rispettivamente, la sua derivata prima, assumono per  $p = 0$ .

Si ricava ad esempio, per un divisore ohmico di resistenza totale  $R$  e di capacità totale  $C$  verso terra, supposta uniformemente distribuita, un tempo di risposta pari a  $RC/6$ . La capacità totale verso terra di un con-

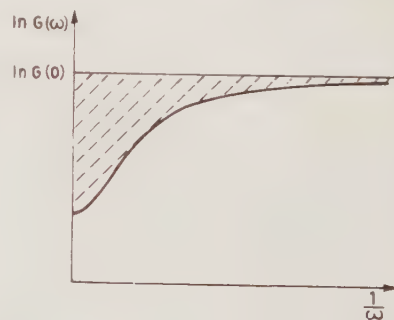


Fig. 35. — Determinazione del tempo di risposta di un divisore con alimentazione con tensioni sinusoidali permanenti.

duttore cilindrico verticale, di diametro  $d$  e lunghezza  $l$  può calcolarsi con la relazione:

$$C = \frac{111 l}{2 \ln \frac{l}{d}} \cdot 10^{-12} F$$



che dà, con i valori usuali, delle capacità di  $12 \div 15$  pF per metro di lunghezza.

Un divisore costruito per una tensione massima di 500 kV, con una lunghezza di circa un metro e resistenza, ad esempio, di 5 000 ohm, realizza senza alcuna difficoltà un tempo di risposta

$$T_0 = \frac{RC}{6} = \frac{5 \cdot 10^3 \cdot 15 \cdot 10^{-12}}{6} = 0,012 \mu s;$$

un divisore per 2 000 kV dovendo avere, a parità di dissipazione termica e di sollecitazioni dielettriche, lunghezza e resistenza quattro volte maggiori, avrà invece un tempo di risposta

$$T_0 = \frac{4 \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 15 \cdot 10^{-12}}{6} = 0,2 \mu s;$$

esso risulterà quindi adatto per le misure con onde piene normali, mentre il divisore per 500 kV potrà essere impiegato, con errori di un ordine di grandezza ammissibile, anche per le misure con onde troncate sul fronte.

Nel caso dei divisori capacitivi, l'elemento parassita che ha maggior importanza nel determinare l'errore di misura, è costituito dall'induttanza serie, sia essa l'induttanza propria del condensatore che quella, spesso preponderante, delle connessioni che lo collegano all'oggetto in prova.

Il complesso si può ricondurre ad un circuito equivalente del tipo di fig. 36; per esso non è definibile un tempo

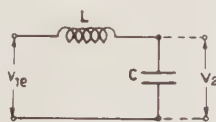


Fig. 36. — Schema equivalente di un divisore capacitivo con induttanza parassita.

di risposta (che esiste solo nel caso di smorzamento non nullo): il suo comportamento è invece caratterizzato dal valore della frequenza propria  $f_0$ .

Anche in questo caso si possono ricavare i valori limiti di  $f_0$  perchè, con una data forma di tensione applicata, gli errori di misura siano entro un limite prefissato. Si ricava ad esempio, per un'onda linearmente crescente fino al tempo  $T$ , un errore sul valor massimo minore del 5 % se è

$$f_0 > \frac{3,2}{T};$$

per un'onda esponenziale del tipo  $1/50$ , un errore sul valore di cresta minore del 3 % con  $f_0 > 3$  MHz.

Se si tiene presente l'osservazione già fatta, come cioè i diversi metodi di compensazione o schermatura dei divisori resistivi tendano ad aumentare la capacità propria, si riconosce facilmente come i requisiti relativi al tempo di risposta e alla minima frequenza propria possano essere contemporaneamente richiesti, per divisori più complessi dei semplici esempi più sopra illustrati.

È peraltro necessario chiarire quale sia il ruolo della induttanza dei collegamenti; si faccia riferimento al circuito di fig. 37, dove si immagini un oggetto in prova, composto da una resistenza  $R$ , collegata fra i punti  $A$  e  $B$ , e percorsa dalla corrente  $I$ . Un divisore ideale, collegato fra i punti  $D$  e  $C$  misura, oltre alla tensione  $RI$ , la tensione

Questo flusso è dovuto in parte alla corrente  $I'$ , che percorre il divisore, in parte alla corrente  $I$  che percorre l'oggetto in prova; per la prima è possibile definire un coefficiente di autoinduzione del divisore, mentre per la seconda è necessario introdurre un coefficiente di mutua induzione, che varia con le dimensioni e le caratteristiche dell'oggetto e del circuito di prova.

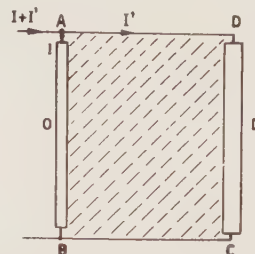


Fig. 37. — Significato dell'induttanza dei collegamenti.

L'induttanza  $L$  di una spira di perimetro  $l$ , formata da un conduttore di diametro  $d$  ( $l \gg d$ ), si può calcolare con la relazione

$$L \approx 0,2 l \left( \ln \frac{4 l}{d} - k \right) \quad (\mu H)$$

dove  $k$  è una costante che dipende dalla forma della spira ma che mediamente, in prima approssimazione, si può porre uguale a 2,5.

La mutua induttanza è invece da evitarsi, per quanto possibile, perchè altera le condizioni del divisore, rispetto alla taratura e può comportare notevoli errori, specie con onde tronche sul fronte. Essa si riduce rendendo minimo il tratto di circuito percorso dalla corrente dell'oggetto in prova, che faccia parte della spira del divisore (fig. 38).

Per le onde piene, è sufficiente rispettare la condizione  $\sqrt{LC} < 0,05$  fra l'induttanza  $L$  (in  $\mu H$ ) del tratto comune fra oggetto in prova e divisore e la capacità  $C$  (in  $\mu F$ ) dell'oggetto stesso.

In ogni caso il divisore deve essere tarato e considerato in ogni sua applicazione come un complesso unico, comprendente le connessioni.

## 11. - USO DEGLI OSCILLOGRAFI A RAGGI CATODICI.

Le qualità fondamentali richieste ad un oscillografo, per la registrazione dei fenomeni ad impulso, possono essere facilmente desunte esaminando i requisiti necessari per la lettura degli oscillogrammi; esse possono così riassumersi:

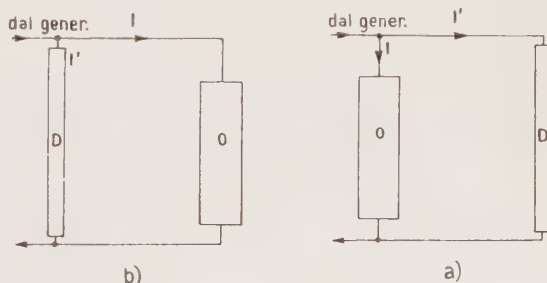


Fig. 38. — Collegamento corretto (a) ed errato (b) per ridurre l'influenza dell'induttanza dei collegamenti.

O, oggetto in prova; D, divisore.

a) proporzionalità fra la deviazione del raggio sullo schermo fluorescente e la tensione applicata; ciò implica l'assenza di distorsioni nel campo utile dello schermo e

$$\epsilon = \frac{d \Phi}{d t}$$

essendo  $\Phi$  il flusso concatenato con la spira  $ABCD$ .



la stabilità delle tensioni di alimentazione; nella maggior parte dei casi, la tensione viene applicata direttamente alle placche, senza l'intervento di circuiti amplificatori, dato anche il valore elevato delle tensioni disponibili;

b) intensità luminosa della traccia, sufficiente ad impressionare la pellicola fotografica, in un solo passaggio con la velocità di alcuni centimetri per microsecondo; è richiesta perciò un'elevata tensione di accelerazione, che va a scapito della sensibilità di registrazione (intesa come ampiezza della deviazione per volt applicato); un'intensità insufficiente può rendere evanescente la traccia proprio nei punti più complessi e perciò più delicati degli oscillogrammi;

c) finezza della traccia, in rapporto all'ampiezza del segnale registrato; si ammette in genere che tale rapporto non debba superare il 3 % per limitare gli errori di lettura degli oscillogrammi; spesso è necessario un compromesso fra i diversi requisiti di elevata intensità luminosa, finezza di traccia e assenza di distorsioni, che possono risultare più o meno incompatibili;

d) stabilità dell'asse dei tempi e dispositivo di sincronizzazione: l'asse dei tempi non sempre è lineare ma preferibilmente contratto verso il fondo, fino ad essere talvolta di tipo logaritmico; la durata dell'asse dei tempi e l'istante d'inizio, rispetto al fenomeno da registrare, debbono perciò essere costanti, per ottenere una buona sovrapposibilità di due registrazioni successive;

e) l'assenza o quanto meno la limitazione dei disturbi; ciò richiede un buon isolamento fra il complesso dell'oscillografo e del divisore e la rete di alimentazione, una piccola capacità verso terra dell'apparecchiatura, un'efficace schermatura dalle radiazioni esterne.

Due tipi di oscillografo sono attualmente in uso: nel tipo detto a catodo freddo, il raggio di elettroni è estratto dal catodo per effetto di un bombardamento di ioni, accelerati da un campo elettrico, in un ambiente con pressione di  $10^{-2}$  mmHg; esso si propaga in un tubo in cui è mantenuta una pressione dieci volte più bassa, sotto una tensione continua di accelerazione dell'ordine di  $50 \div 100$  kV; nel tipo detto a catodo caldo, gli elettroni sono emessi da un filamento riscaldato, in un tubo ermeticamente chiuso, a vuoto spinto ( $10^{-6}$  mmHg) con tensioni di accelerazione fino a  $20 \div 30$  kV.

La differenza fra i due tipi consiste nel fatto di avere in un caso (oscillografi a catodo freddo) il raggio che batte direttamente sulla pellicola fotografica, introdotta nel tubo, il che consente maggiore luminosità e finezza di traccia, ma richiede un pompaggio continuo ed accurato per mantenere, nelle varie zone, il giusto grado di vuoto; nell'altro caso (tipi a catodo caldo) viene fotografato uno schermo fluorescente, con molto maggior semplicità e rapidità d'impiego, ma con una certa perdita di luminosità e di finezza di traccia, dovuta alle emissioni secondarie dello schermo, sotto l'alta energia degli elettroni incidenti.

Gli oscillografi a catodo freddo hanno consentito, fino dall'inizio delle ricerche sulle alte tensioni impulsive, di ottenere elevate velocità di registrazione (pari al  $60 \div 70\%$  della velocità della luce) con assoluta nitidezza di traccia; gli oscillografi a catodo caldo sono andati tuttavia avvicinandosi a questi requisiti, grazie anche ai continui perfezionamenti dei tubi a raggi catodici, legati allo sviluppo delle tecniche del radar e della televisione.

Un'altra differenza d'impostazione che tende via via a scomparire, consiste nel maggior uso, nella costruzione degli oscillografi a catodo caldo, di circuiti elettronici di tipo convenzionale, per i dispositivi dell'asse dei tempi, di sincronizzazione, di regolazione, di taratura ecc.; ciò complica l'apparecchiatura, ma consente una maggior flessibilità nell'impiego e facilità di riparazione e sostituzione.

Oltre ai requisiti fondamentali, più sopra illustrati, diverse possono essere le esigenze pratiche di un'appa-

recchiatura di registrazione delle tensioni ad impulso, destinata ad un laboratorio industriale.

Per la prova della maggior parte delle apparecchiature elettriche è in generale sufficiente la registrazione di una sola grandezza (la tensione applicata all'oggetto in prova); per i trasformatori, e per alcune altre prove particolari è invece indispensabile la registrazione simultanea di almeno due grandezze, al fine di conoscere non solo la tensione applicata durante la prova, ma anche di rilevare gli eventuali guasti. Vi è anzi oggi la tendenza, specie per la prova delle grosse macchine, ad utilizzare più registrazioni simultanee, con assi dei tempi diversi. Esistono quindi oscillografi con tubi a raggi multipli — da due a quattro — o con più tubi indipendenti (fino a dieci-quindici tubi) con comando unico di sincronizzazione e con assi dei tempi comuni, o diversi, a seconda dei casi.

La possibilità di eseguire delle misure di ampiezza, qualunque sia il formato della registrazione fotografica, è condizionata al tracciamento di una linea di zero e di una linea di taratura, corrispondente ad una tensione continua nota (di valore prefissato costante o letta su uno strumento indicatore). Per eseguire le misure sulla forma dell'onda registrata, è necessario il tracciamento di una scala dei tempi tarata, mediante la registrazione di una sinusoide di frequenza nota o l'iscrizione di un marcateempo tarato.

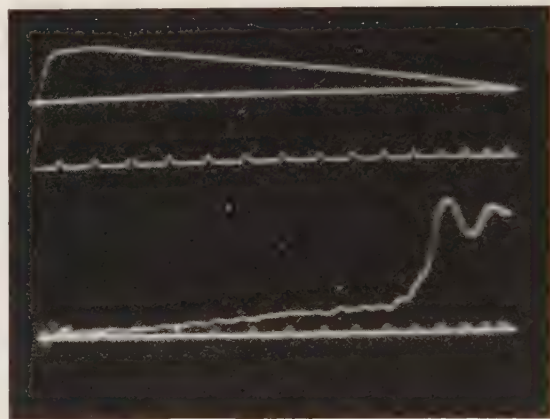


Fig. 39. — Esempio di registrazione oscillografica su tubo a due raggi: sull'oscillogramma superiore sono distinguibili la tensione continua di calibrazione e i marcatempi.

Quanto più elevata è la tensione che viene portata all'oscillografo, tanto minori sono, percentualmente, i disturbi di origine esterna; la tensione può ulteriormente essere ridotta, prima di venir applicata alle placche, mediante opportuni divisori tarati; questi divisori, che permettono di mantenere costante l'ampiezza della derivazione, con tensioni di prova di valore diverso, sono molto utili per il confronto di oscillogrammi per sovrapposizione.

Molto pratica è anche la numerazione automatica dei fotogrammi, la possibilità di un'osservazione visuale diretta sullo schermo (fosfori ad alta persistenza), la presenza di scale tarate direttamente sullo schermo per l'aggiustaggio della forma d'onda, ecc. ecc.

## 12. - DISPOSITIVI DI SINCRONIZZAZIONE E CAVI DI RITARDO.

Come già precedentemente accennato, è importante prevedere la sincronizzazione fra l'inizio del fenomeno da registrare e la partenza dell'asse dei tempi; questa sincronizzazione differisce da quelle generalmente usate nei normali tipi di oscillografi, sia perchè il fenomeno da registrare è singolo e non ricorrente nel tempo, sia perchè la sincronizzazione deve avvenire con incertezze minime, dell'ordine del decimo, o talvolta di pochi centesimi, di microsecondo.



Ciò si ottiene inviando ai circuiti di comando dell'asse dei tempi un segnale impulsivo di breve durata; questo segnale ha il compito di sbloccare il raggio catodico (che, per la sua elevata luminosità, deve essere tenuto, in condizioni di riposo, fuori dallo schermo o soppresso con opportune tensioni di griglia) e di iniziare il funzionamento dell'asse dei tempi, funzionamento che, dopo la durata determinata, si riporta nelle condizioni iniziali di blocco.

Se si vuole registrare la forma d'onda a partire dal suo inizio, la partenza dell'asse dei tempi deve essere anticipata rispetto al fenomeno stesso, di un intervallo di tempo sufficiente perchè inizi il funzionamento dei circuiti interessati; questo tempo è generalmente dell'ordine di qualche decimo di microsecondo. L'anticipo può essere ottenuto inviando all'oscillografo il segnale di sgancio precedentemente al segnale che provoca l'innesco del generatore alta tensione, oppure collegando il funzionamento dell'oscillografo all'innesco del generatore, ritardando il fenomeno da registrare mediante apposito cavo di ritardo.

Il primo principio richiede l'uso di un opportuno dispositivo di comando per l'innesco del generatore; questo produce due o più segnali, distanziati fra di loro di un tempo regolabile: ad uno di essi, di forma e ampiezza opportuna, è affidato il compito di iniziare il funzionamento dell'oscillografo, al secondo, quello di provocare l'innesco del generatore.

Quando il segnale di sincronizzazione debba essere fornito dal generatore stesso, può essere prelevato sia mediante antenna che direttamente, dallo stesso fenomeno da registrare. In entrambi i casi può essere necessaria una regolazione della sensibilità, al variare della tensione del generatore, regolazione che non è richiesta nel caso del comando indipendente. L'antenna viene facilmente regolata, sia in altezza che in distanza, rispetto agli spinterometri del generatore; essa risente anche delle altre sorgenti di radiazione inevitabilmente presenti (scariche su oggetti o spinterometri di misura ecc.) che possono provocare partenze non desiderate del raggio, se il circuito di comando non è opportunamente bloccato dopo il suo primo funzionamento.

Se il segnale di sincronizzazione è fornito dallo stesso fenomeno da registrare è spesso necessaria una regolazione più accurata, dipendente dalla ampiezza e dalla polarità del segnale.

In ogni caso, il segnale da registrare deve percorrere un cavo di ritardo, generalmente costituito da un cavo coassiale isolato in aria o in politene; è noto che, per un cavo ideale, privo di perdite, è possibile definire un'impedenza caratteristica puramente ohmica

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

e una velocità di propagazione

$$v = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

essendo  $L$  e  $C$  rispettivamente l'induttanza e la capacità del cavo, per unità di lunghezza.

La velocità di propagazione è pari alla velocità della luce nel vuoto  $v_0$  (300 m/μs) per un cavo isolato in aria; per i cavi isolati in politene è circa 0,6  $v_0$  cioè 180 m/μs. Per ottenere un tempo di ritardo dell'ordine di 0,2÷0,3 μs, sono necessari quindi circa 80 m di cavo in aria e circa 50 m di cavo in politene.

Di fronte alla propagazione di un'onda a fronte ripido, il cavo ideale si comporta in un primo tempo come una resistenza di valore  $Z_0$ ; quando l'onda raggiunge l'estremo del cavo, si riflette dando luogo ad un raddoppio di tensione, se il cavo è aperto, ad un annullamento di tensione (con raddoppio di corrente) se il cavo è cortocir-

cuitato. La riflessione non avviene se il cavo termina con una resistenza uguale all'impedenza caratteristica  $Z_0$ .

In entrambi i casi illustrati nella fig. 40 la tensione in uscita  $v_u$  ripete quindi esattamente la tensione d'ingresso  $v_i$ , spostata nel tempo di un intervallo  $\tau = l/v$ .

La disposizione di fig. 40a è particolarmente adatta per divisori ohmici o misti, perchè il cavo si comporta sempre come una resistenza, pari a  $Z_0$ , in quanto non esistono onde riflesse.

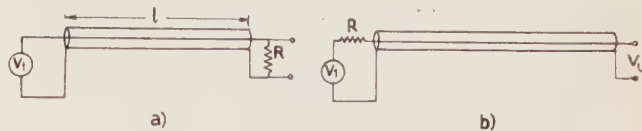


Fig. 40. — Disposizioni per i cavi di ritardo.

Nella disposizione di fig. 40b la tensione all'ingresso si dimezza, per effetto della resistenza  $R = Z_0$ , posta in entrata, e successivamente si raddoppia, all'uscita del cavo, lasciato aperto. Le successive riflessioni non esistono, poichè l'onda riflessa trova, all'ingresso, la resistenza  $R$ . Il sistema è usato nei divisori capacitivi, purchè il cavo sia di capacità piccola rispetto alla capacità di bassa tensione del divisore.

Evidentemente, nella determinazione del tempo di risposta di un divisore, si deve tener conto dell'effetto dell'impedenza del cavo, ad esso collegato, mentre si deve far astrazione dal tempo di propagazione, che non deforma la registrazione.

I cavi reali, per avvicinarsi il più possibile al caso ideale, devono essere a basse perdite, devono cioè avere bassa resistenza nei conduttori ed elevata resistività nel dielettrico. Essi devono essere quanto più corti possibile, compatibilmente con le esigenze imposte dai tempi di ritardo richiesti e dalle necessità di un collegamento a distanza, fra divisore e oscillografo.

I difetti di adattamento, dovuti anche alle imperfezioni del cavo, possono essere corretti ricorrendo ad un doppio adattamento, cioè chiudendo il cavo ad ambedue le sue estremità su una resistenza pari all'impedenza caratteristica; si veda ad esempio la fig. 41.

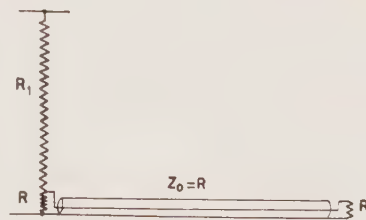


Fig. 41. — Esempio di cavo adattato ad entrambe le estremità.

Una bassa resistenza del conduttore esterno (guaina) del cavo, è altresì necessaria per ridurre i disturbi provocati dalle correnti di circolazione nella guaina stessa. All'uscita di un cavo cortocircuitato al suo ingresso (fig. 42a) non dovrebbe apparire nessun segnale; in realtà le tensioni che si manifestano, durante gli impulsi, fra i vari punti dell'impianto, fanno circolare una corrente nella guaina, corrente che si chiude nella capacità fra la guaina e il piano di terra (fig. 42b). La tensione che viene registrata in uscita dal cavo dipende direttamente dalla resistenza della guaina, dalla sua capacità verso terra, dall'impedenza verso terra del generatore, nel punto in cui è collegato il cavo, nonché dalla corrente che in tale impedenza viene a circolare, durante le prove. Tutti questi fattori vanno ridotti al minimo, curando la costruzione e la disposizione del circuito.



I disturbi restano spesso fuori della parte utile dell'oscillogramma, in quanto non vengono trasmessi attraverso il tempo di ritardo del cavo; essi compaiono invece — talvolta esaltati per la maggior corrente che circola nell'impianto — nel caso di onde tronche, a deformare la parte dell'onda immediatamente prima della troncatura.

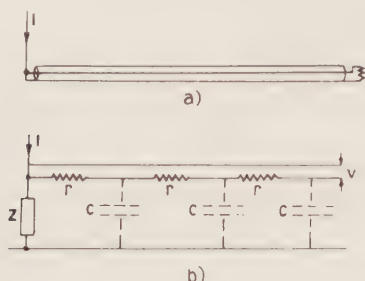


Fig. 42 a). — Circuito ideale di un cavo cortocircuitato all'ingresso.

Fig. 42 b). — Circuito reale rappresentante la fig. 42 a).

### 13. - LA CARICA E L'INNESCO DEL GENERATORE.

Per ben comprendere il funzionamento del generatore, occorre esaminare più da vicino il comportamento durante la carica e la scarica.

Il generatore viene alimentato, da una sorgente di tensione continua, attraverso un complesso di resistenze di carica, di valore sufficientemente elevato (fig. 43); men-

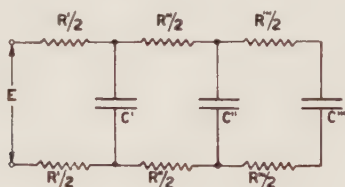


Fig. 43. — Circuito di un generatore ad impulsi durante la carica.

tre però il primo condensatore  $C'$  è caricato direttamente dalla sorgente, attraverso la resistenza  $R'$ , il successivo condensatore  $C''$  viene caricato dalla tensione esistente su  $C'$ , attraverso la resistenza  $R''$ , generalmente di valore minore di  $R'$ ; il condensatore  $C'$ , dovendo fornire anche la carica necessaria a  $C''$ , impiegherà a caricarsi un tempo maggiore di quello che competerebbe alla costante di tempo  $R'C'$ ; la tensione su  $C''$ , a sua volta, sarà sempre minore della tensione esistente su  $C'$ , fino a che la carica non sarà completa (fig. 44).

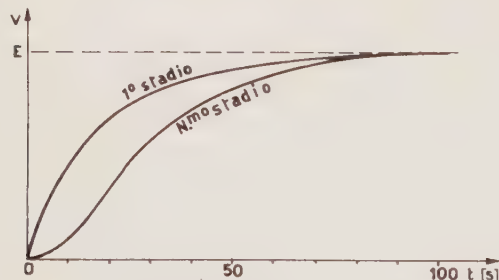


Fig. 44. — Andamento nel tempo della tensione di carica del primo e dell'ennesimo stadio.

Lo stesso ragionamento si può ripetere per i successivi condensatori; perchè il condensatore  $N$ -esimo sia prati-

camente carico alla tensione di alimentazione, occorre un tempo

$$T = 4 \left( N R' C + \frac{(N-1)^2}{2} R'' C \right);$$

si è supposto di avere tutti gli  $N$  condensatori uguali, di capacità  $C$ , ciascuno in serie con una resistenza  $R''$ , ad eccezione del primo stadio, nella cui resistenza  $R'$  si tien conto anche delle cadute di tensione dovute all'alimentatore.

Il calcolo di questa resistenza equivalente  $R'$  sarebbe in pratica piuttosto complesso: usualmente si impiega una sorgente di tensione alternata con un sistema di raddrizzatori; il tempo di conduzione di questi raddrizzatori dipende dalla tensione continua esistente sui vari condensatori posti nell'alimentatore per realizzare gli schemi duplicatori di tensione (fig. 45). In uno schema

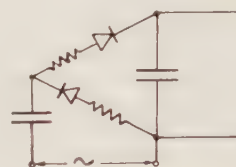


Fig. 45. — Circuito a raddrizzatore e duplicatore di tensione.

di raddrizzatori a semplice semionda (fig. 46) che, attraverso un raddrizzatore ideale e una resistenza  $R$ , carica un condensatore di capacità  $C$ , il fenomeno avviene con una costante di tempo che vale circa  $3,5 RC$ , anzichè semplicemente  $RC$ , come sarebbe se l'alimentazione fosse fatta da una sorgente di tensione continua.

Nell'espressione più sopra riportata, il primo termine rappresenta praticamente la costante di tempo equivalente della carica del primo condensatore; il secondo termine rappresenta il ritardo della carica del condensatore  $N$ -esimo, rispetto al primo stadio. Se non si attende un

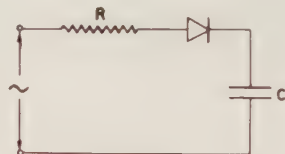


Fig. 46. — Circuito raddrizzatore a semplice semionda.

tempo sufficientemente lungo perchè la carica sia completa, i condensatori dei singoli stadi risultano caricati con tensioni fra loro diverse; la tensione ad impulso, somma delle tensioni fra i singoli stadi, risulta minore di quella che si avrebbe con una carica completa e può risultare diversa, da un impulso al successivo, se i tempi di carica sono diversi; durante il fronte, i condensatori inizialmente più carichi devono scambiare una parte della loro carica con quelli che si trovano a tensione minore; questo scambio avviene con andamenti esponenziali od oscillatori nel tempo, che deformano il fronte dell'onda.

Queste considerazioni sulla carica hanno importanza per la scelta del sistema d'innescò del generatore, che può essere a comando manuale o automatico o ad innescò libero.

Nel sistema ad innescò libero si regola la distanza degli spinterometri del generatore in modo che la scarica sia iniziata dallo spinterometro del primo stadio, quando la tensione su di esso abbia raggiunto un valore sufficiente; in tal caso i condensatori del generatore non sono tutti egualmente carichi e si possono perciò presentare gli inconvenienti sopra illustrati. Quando il ritardo nella



carica dell'ultimo stadio rispetto al primo è piccolo, rispetto al tempo di carica del primo stadio, mantenendo la tensione di alimentazione di poco superiore al minimo necessario per l'innesco, si riesce ad avere un intervallo fra le scariche sufficientemente lungo e ad ottenere una serie di onde fra loro praticamente uguali in ampiezza e forma; riesce però molto difficile riprodurre, nei suoi minimi particolari, la forma d'onda per valori diversi della tensione. Il sistema è perciò molto utile nel caso di prove su materiali o su apparecchi, dove piccole variazioni della forma d'onda non abbiano molta importanza. È invece da escludere nel caso delle prove su trasformatori, dove piccole divergenze sulla forma d'onda possono simulare difetti d'isolamento inesistenti.

Con il sistema ad innesco libero, l'intervallo fra una scarica e la successiva viene regolato variando la tensione di alimentazione, rispetto al valore minimo necessario per ottenere l'innesco; il valore della tensione di scarica è invece legato soprattutto alla distanza delle sfere degli spinterometri del generatore.

Il comando manuale o automatico ha invece lo scopo di lasciare caricare completamente il generatore, senza che si inneschino i suoi spinterometri; l'innesco è dato provocando, con i vari mezzi manuali o automatici, l'innesco del primo stadio; controllando la tensione e il tempo di carica, si ottengono tensioni ad impulso di valore e di forma molto più uniformi che non con l'innesco libero.

L'innesco può avvenire, molto semplicemente, avvicinando le sfere del primo spinterometro, fino a provocarne la scarica; può però essere realizzato con mezzi più complessi e più precisi, specie quando il funzionamento del generatore debba essere coordinato con altri fenomeni (inizio dell'asse dei tempi dell'oscillografo, troncatura dell'onda ecc.).

Il dispositivo che consente la minor dispersione dei risultati, cioè il miglior controllo dell'istante di sgancio del generatore, si basa su schemi del tipo fig. 47; lo spinterometro del primo stadio del generatore contiene un elettrodo ausiliario che può essere sistemato esternamente (spinterometro a terza sfera, fig. 47 a) o internamente ad una delle due sfere (trigatron, fig. 47 b).

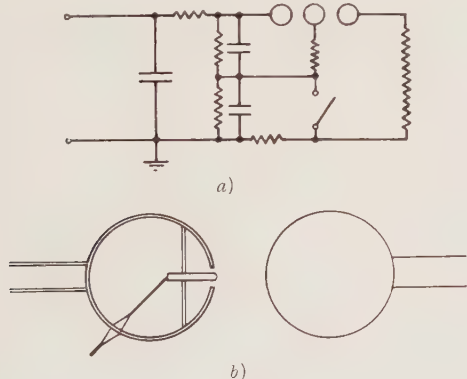


Fig. 47. — Dispositivi per il comando dell'innesco nel generatore: a) a terza sfera; b) a trigatron.

Questo elettrodo, che è inizialmente portato al potenziale corrispondente alla sua posizione nel campo delle sfere, viene sottoposto ad una brusca variazione di tensione, applicandovi un impulso a fronte ripido, prodotto dalla scarica di un adeguato condensatore e comandato da un dispositivo elettronico o meccanico a bassa tensione.

L'innesco dell'elettrodo ausiliario verso una sfera, dà luogo ad una forte diminuzione della tensione di scarica dello spinterometro principale, il quale quindi si innesca, anche se la distanza fra le sfere è maggiore di quella necessaria perchè l'innesco avvenga naturalmente, con la tensione continua che vi è applicata.

Nelle disposizioni con elettrodo ausiliario esterno, que-

sta diminuzione nella tensione di scarica si giustifica con la forte dissimmetria, creata dalla scarica, nel campo dello spinterometro; nei sistemi a elettrodo interno, essa è originata dalla ionizzazione prodotta dalla scarica dell'elettrodo ausiliario in una zona di campo intenso, quale è il punto di scarica di una sfera. Questo secondo sistema presenta quindi il vantaggio di richiedere tensioni d'innesco più basse e praticamente indipendenti dalla tensione di carica.

Si è ammesso al paragrafo 2, che l'innesco del primo spinterometro portasse come conseguenza l'innesco degli spinterometri degli stadi successivi; ciò è dovuto alla presenza di capacità fra i vari stadi del generatore e la terra. Infatti, ridisegnando il generatore a tre stadi di fig. 6 nella forma di fig. 48, si vede chiaramente come,

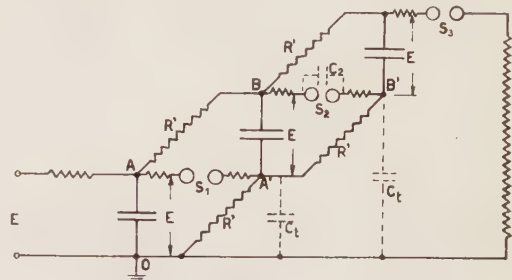


Fig. 48. — Schema equivalente del generatore a tre stadi di fig. 6, durante l'innesco.

per effetto della scarica dello spinterometro  $s_1$  del primo stadio, il punto  $A'$  si porti al potenziale  $E$ , e il punto  $B$  al potenziale  $2E$  verso terra; questo potenziale viene a suddividersi fra lo spinterometro  $s_2$ , che presenta una certa capacità  $C_2$ , e la capacità  $C_t$ , che  $B'$  presenta verso terra.

La capacità  $C_t$  risulta in parallelo alle resistenze  $R'$  di carica, per cui la tensione che si presenta allo spinterometro  $s_2$  ha il carattere di un transitorio, la cui ampiezza massima vale  $2E C_t / (C_2 + C_t)$  e la cui durata, legata ai valori di  $R'$ ,  $C_t$  e  $C_2$ , risulta in genere dell'ordine dei decimi di microsecondo. Questo transitorio è però sufficiente a far innescare lo spinterometro  $s_2$ , se la sua distanza è vicina a quella necessaria per farvi avvenire la scarica con la tensione continua  $E$ , esistente fra  $B$  e  $R'$ , per effetto della carica; l'innesco è più sicuro se, durante il transitorio di sovratensione, il ritardo alla scarica di  $s_2$  viene ridotto con un'adeguata ionizzazione.

È perciò necessario che le sfere dei diversi spinterometri del generatore siano tutte egualmente distanziate fra loro e che siano allineate, in modo che le scariche esercitino una mutua azione di irraggiamento che intervenga proprio nell'istante più opportuno. È inoltre necessario che sia  $R'$  che  $C_t$  non abbiano valori troppo bassi, affinché il transitorio abbia ampiezza e durata sufficienti.

La capacità  $C_t$ , dal punto  $B'$  verso terra, all'atto dell'innesco dello spinterometro  $s_2$ , deve caricarsi alla tensione  $2E$ ; la legge con cui questa carica avviene nel tempo dipende dalla impedenza del percorso  $OAA'BB'O$ . È necessario che tale circuito sia aperiodico, che contenga cioè limitata induttanza e sufficiente resistenza per non dar luogo a oscillazioni che si ripercuoterebbero sulla forma d'onda.

Per produrre un'onda tronca occorre un'apparecchiatura che dia luogo ad una scarica distruttiva in aria, in modo regolabile e riproducibile. A questo scopo si impiegano o spinterometri ad aste, o spinterometri a sfere con elettrodi d'innesco.

Lo spinterometro ad aste normalizzato è composto di due aste metalliche di sezione quadrata, di circa 15 mm di lato, tagliate a spigoli vivi e montate orizzontalmente in aria, su supporti isolanti, ad un'altezza dal suolo pari a  $1,5 \div 2$  volte la loro distanza. Per questo spinterometro



sono note, in funzione della distanza fra le aste, sia le tensioni di scarica 50 % (tab. V), sia le curve tensione-tempo di scarica.

TABELLA V. — Tensioni di scarica 50% di spinterometri ad aste normalizzati.

Distanza cm	Tensione di scarica 50%	
	positiva	negativa
5	56	61
10	90	97
15	129	135
20	160	178
25	195	221
30	226	262
40	279	339
50	334	407
60	393	470
80	511	585
100	692	793
120	752	807

Per avere una buona riproducibilità nell'intervento dello spinterometro, è necessario mantenere strettamente costanti sia l'ampiezza che la forma della tensione applicata, sia le condizioni atmosferiche. Modificando la disposizione delle aste si modificano le tensioni di scarica, che possono sempre peraltro essere determinate sperimentalmente, per una data disposizione; se le aste sono troppo vicine ai supporti può però aumentare la dispersione nei risultati.

I tempi normalmente impiegati per la troncatura dell'onda sono fra 2 e 10  $\mu$ s, cioè, grosso modo, dall'istante in cui l'onda raggiunge il suo valore massimo, a quando essa è diminuita di circa il 10÷15 %; per alcuni scopi particolari (specie per la registrazione dei guasti nelle prove dei trasformatori) si richiede che tale tempo sia costante, nelle diverse prove, alle varie tensioni, entro 0,1  $\mu$ s.

Questo risultato può ottenersi solo con spinterometri a sfere ad innesco comandato: il dispositivo non differisce da quello impiegato per l'innesco del generatore ad impulsi che per le dimensioni delle sfere che, dovendo sopportare tensioni più elevate, sono di diametro maggiore. Il ritardo, rispetto all'innesco del generatore ad impulsi, viene assicurato da un cavo di ritardo o da un circuito ritardatore artificiale, collegato con il generatore. Alcuni schemi sono riportati nelle figure 49 e 50.

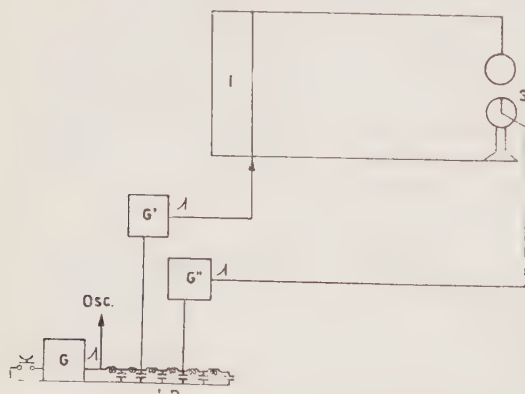


Fig. 49. — Circuito per il comando di innesco del generatore e della troncatura di un'onda.

G, G', G'', generatori di impulsi a bassa tensione; L R, linea artificiale di ritardo; S, spinterometro con elettrodo ausiliario interno; I, impianto ad impulso; Osc, comando della sincronizzazione dell'oscillografo.

#### 14. - REGOLAZIONE DELLA FORMA D'ONDA.

La prima operazione, preliminare ad ogni tipo di prove, consiste nel controllo e nell'aggiustaggio della forma

d'onda, che deve essere portata ai valori dell'onda normale, entro le tolleranze prescritte per il tipo di prova che si intende eseguire. Questa messa a punto richiede un poco di pratica, sia per la valutazione — attraverso l'osservazione degli oscillogrammi — dei parametri dell'onda, sia soprattutto per l'esecuzione delle operazioni necessarie per raggiungere il risultato voluto.

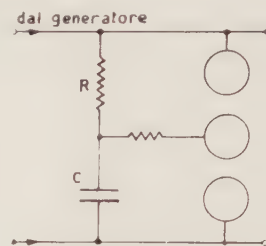


Fig. 50. — Spinterometro a terza sfera per la produzione di onde tronche con ritardo determinato dalla costante di tempo RC.

La previsione della forma d'onda potrebbe essere fatta in via teorica (ad esempio, mediante le formule riportate nell'appendice delle Norme italiane); poichè però non sono sempre ben noti i valori dei parametri in gioco, conviene schematizzare in modo sintetico il circuito, per impostare, mediante semplici relazioni, l'ordine di grandezza da assegnare ai vari parametri e procedere poi alla verifica e all'aggiustaggio sperimentali.

Siano (vedi fig. 51):

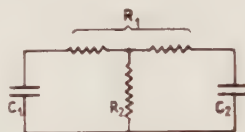


Fig. 51. — Schema di principio di un generatore di impulsi.

$C_1$  la capacità del generatore, in  $\mu$ F;

$C_2$  la capacità del carico (compresa la capacità di carico propria del generatore ed eventualmente quella del divisore di tensione), in  $\mu$ F;

$R_1$  la resistenza serie di scarica (somma delle resistenze dei singoli stadi e della eventuale resistenza di uscita), in ohm;

$R_2$  la resistenza in parallelo (comprendente, oltre alla resistenza di coda propria del generatore, le resistenze di carica montate sui vari stadi, quella del divisore di tensione, la eventuale resistenza parallelo del carico, tutte fra di loro in parallelo), in ohm.

Siano pure, secondo le definizioni del paragrafo 6:

$T_1$  la durata del fronte, in  $\mu$ s;

$T_2$  la durata della coda fino all'emivalore, in  $\mu$ s;

$\eta$  il rendimento in tensione del generatore, cioè il rapporto fra la tensione di cresta  $V$  alla scarica e la somma delle tensioni continue di carica.

Le approssimazioni che si introducono consistono nel considerare separatamente il periodo del fronte da quello della coda; ciò è lecito quando la durata della coda sia molto maggiore di quella del fronte, come è appunto il caso dell'onda 1/50.

Per il fronte, lo schema equivalente può essere quello di fig. 52: il condensatore  $C_1$ , caricato alla tensione  $E$ , si scarica sul condensatore  $C_2$ , attraverso la resistenza  $R_1$ . La tensione  $V$ , alla quale si portano entrambi i condensatori, è minore del valore  $E$  di carica. Dall'eguaglianza delle quantità di carica si ricava il rendimento teorico

$$\eta = \frac{V}{E} = \frac{C_1}{C_1 + C_2};$$



il rendimento reale è sempre inferiore, poichè non si è tenuto qui conto della corrente che fluisce in  $R_2$  e che provoca una caduta di tensione nella porzione di  $R_1$  che le sta a monte. La relazione mostra peraltro l'utilità di avere  $C_1 \gg C_2$ ; si pone usualmente  $C_1$  pari a 5÷10 volte  $C_2$ .

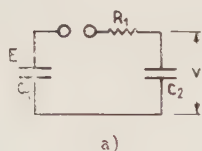


Fig. 52 a). — Circuito equivalente durante il fronte.

Il fenomeno dello scambio di cariche fra  $C_1$  e  $C_2$  avviene con una legge esponenziale con la costante di tempo del circuito formato da  $R_1$  e dai condensatori  $C_1$  e  $C_2$ , fra loro in serie; tenuto conto del modo con cui è definita la durata del fronte, si ricava:

$$T_1 = 2,7 R_1 \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \leq 2,4 R_1 C_2;$$

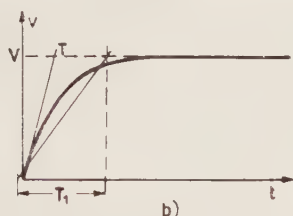


Fig. 52 b). — Andamento della tensione su  $C_2$ , nello schema equivalente.

per un'onda con fronte di  $1 \mu s \pm 50\%$  dovrà perciò essere:

$$0,2 < R_1 C_2 < 0,6.$$

Per la coda, si considera invece lo schema semplificato di fig. 53; le capacità  $C_1$  e  $C_2$ , caricate alla tensione  $V$ , si scaricano in parallelo sulla resistenza  $R_2$ , seguendo

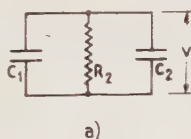


Fig. 53 a). — Circuito equivalente durante la coda.

una legge esponenziale con costante di tempo  $R_2(C_1 + C_2)$ ; per raggiungere il valore  $0,5 V$  occorre un tempo

$$T_2 = 0,70 R_2 (C_1 + C_2) \leq 0,8 C_1 R_2;$$

per un'onda normale, in cui la durata all'emivalore sia di  $50 \mu s \pm 20\%$ , dovrà perciò essere

$$50 < C_1 R_2 < 75.$$

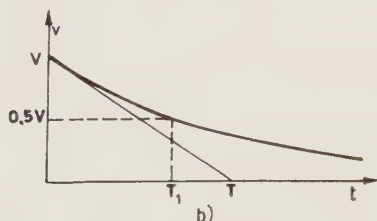


Fig. 53 b). — Andamento della tensione su  $C_2$  nello schema equivalente.

Per l'inevitabile presenza di un'induttanza in serie nel circuito, e per l'eventuale induttanza del carico (per esempio nella prova di trasformatori) si dovrà porre attenzione, oltre che ai valori delle durate del fronte e della coda, alle oscillazioni presenti sulla cresta, la cui ampiezza indicheremo con  $D_1$ , ed alle oscillazioni, molto più lente, che portano la coda ad un valore  $D_2$  oltre la linea dello zero (fig. 54).

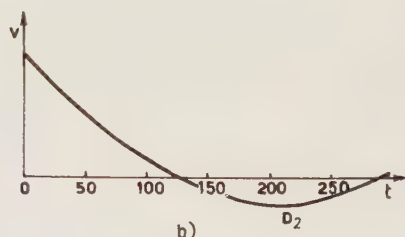
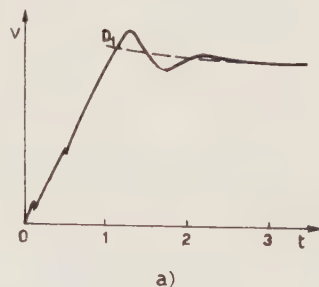


Fig. 54. — Deformazioni dovute ad induttanze: a) sul fronte; b) sulla coda.

L'induttanza serie si può dividere in due parti, l'una dovuta al circuito vero e proprio del generatore ad impulsi (induttanza dei condensatori, delle resistenze serie, dei collegamenti agli spinterometri); essa può valutarsi fra i 5 e i  $10 \mu H$  per stadio. L'altra parte è dovuta alla spira formata dal generatore, dalle connessioni e dall'oggetto in prova; essa può calcolarsi con la relazione già data al paragrafo 10: come ordine di grandezza, si tenga presente che una spira quadrata di 10 m di lato ha una induttanza di circa  $50 \mu H$ .

La condizione di oscillazioni sulla cresta minori del 5% può essere verificata quando sia:

$$R_1 > \sqrt{\frac{L}{C_2}}$$

quando cioè la resistenza serie  $R_1$  sia almeno pari a metà della resistenza critica del circuito di fig. 55; tenendo

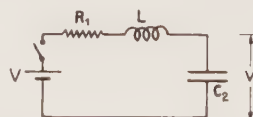


Fig. 55. — Circuito equivalente durante il fronte con considerazione di un'induttanza serie.

conto della condizione sopra esposta, per la costante di tempo  $R_1 C_2$ , risulta che il valore massimo della capacità di carico  $C_2$ , per cui possono essere realizzati i valori della forma d'onda prescritti dalle Norme, è legato alla induttanza  $L$  presente in serie sul circuito, secondo la relazione

$$L C_2 < 0,36 \quad L (\mu H); \quad C (\mu F).$$

Per la messa a punto di un circuito di prova, può essere utile l'impiego della tabella VI; in essa è indicato il segno dell'effetto prodotto da una variazione in aumento



dei parametri del circuito, a fianco indicati; i segni fra parentesi indicano gli effetti secondari.

TABELLA VI.

L'aumento di:	Ha come effetto una variazione di:				
	$T_1$	$T_2$	$\eta$	$D_1$	$D_2$
$C_1$ . . . . .			+		—
$C_2$ . . . . .	+	(+)	—	+	
$R_1$ . . . . .	+	(+)	(—)		
$R_2$ . . . . .	(+)	+	(+)		+

In ogni caso, l'aggiustaggio della forma d'onda è facilitato se si limita l'induttanza del circuito di prova, facendo le connessioni più brevi possibili. Infatti, molto spesso, la ricerca della miglior forma d'onda consiste nella scelta del valore della resistenza  $R_1$ , essendo gli altri parametri imposti dalle condizioni di prova; il valore di  $R_1$  risulta allora un compromesso fra l'esigenza di mantenere la durata del fronte entro i limiti normali e la necessità di limitare le oscillazioni sovrapposte.

Talvolta il carico può essere schematizzato con un'induttanza  $L_2$ ; tale è il caso delle prove sui trasformatori, dove a  $L_2$  può essere assegnato, in prima approssimazione, il valore:

$$L_2 = 30 \frac{V_{cc} V^2}{P} \text{ [mH]}$$

( $P$  = potenza apparente, trifase, della macchina, in kVA;  $V$  = tensione nominale, concatenata, in kV;  $V_{cc}$  = valore percentuale della tensione di cortocircuito, pari a circa 5 nelle piccole macchine, a 10 nelle grandi). La ricerca della forma migliore per la coda è allora un compromesso fra le condizioni di durata all'emivolt e di oscillazione oltre lo zero (fig. 56). Esiste un valore limite inferiore

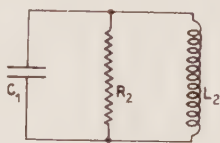


Fig. 56. — Circuito equivalente durante la coda con carico induttivo.

per l'induttanza  $L_2$  che può essere provata con un generatore di capacità  $C_1$ , secondo la relazione

$$L_2 C_1 > 10 \quad L_2 \text{ (mH); } C_1 \text{ (}\mu\text{F)}.$$

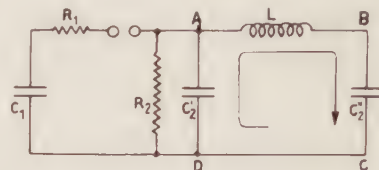
In generale il valore di  $R_2$  deve essere aumentato, rispetto a quello determinato con le precedenti relazioni, di un 20÷30%; un calcolo di massima consiste anche nell'immaginare il carico come costituito da una resistenza di circa 5 000 ohm (impedenza d'onda dell'avvolgimento), in parallelo a  $R_2$ .

Lo schema semplificato, che è stato illustrato, può anche risultare utile per la ricerca dell'origine delle varie irregolarità che possono presentarsi sulla forma d'onda, per difettoso funzionamento o errato collegamento di qualche parte del circuito. Benchè non si possano ovviamente dare delle regole generali, si può indicare la procedura seguente: ridotto il generatore ai suoi elementi essenziali, esclusi quindi eventuali apparecchi in prova, si ricerca sistematicamente in quale parte dell'onda sia localizzato il disturbo; si agisce quindi su quegli elementi che, negli schemi semplificati precedenti, determinano l'andamento di quella porzione d'onda, verificando, per esempio, le connessioni, gli eventuali paralleli, la conti-

nuità e il valore delle resistenze, i valori delle singole capacità, fino ad individuare la causa del disturbo. Questa ricerca va però eseguita quando si sia già sicuri della assenza di disturbi e della fedeltà delle registrazioni.

In ogni caso, per ottenere una forma d'onda esente da disturbi e ripetibile per diversi valori della tensione, è necessario che le caratteristiche degli stadi fra loro in serie (capacità, resistenze, tensioni di carica, disposizione geometrica ecc.) siano il più possibile uniformi; sono da evitare sovraccarichi termici alle resistenze, fenomeni di effluvio troppo marcati ecc.

È buona norma non lasciare, per quanto possibile, un circuito oscillante privo di resistenze smorzatrici. Ciò interessa specie per il circuito comprendente l'oggetto in prova, che viene collegato al generatore dall'innesco degli spinterometri del generatore stesso. In tali condizioni (fig. 57) l'ampiezza del transitorio oscillante che

Fig. 57. — Circuito di un generatore, con considerazione dell'induttanza dei collegamenti al carico; se  $C_2''$  è molto minore di  $C_2'$ , il circuito risonante  $A B C D$  è poco smorzato.

nasce, dipende fortemente dalle condizioni d'innesco degli spinterometri, condizioni che possono non ripetersi con assoluta regolarità.

#### 15. - MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE PROVE.

Una prova ad impulso può avere uno o l'altro dei due seguenti fini:

a) la verifica del comportamento di un oggetto in prova ad un determinato valore di tensione (per esempio, prova di tenuta a 350 kV);

b) la determinazione del valore di tensione a cui corrisponde un determinato comportamento dell'oggetto in prova (per esempio, determinazione della tensione di scarica 50 %).

Per ogni tipo di apparecchiatura, le prove da effettuare ed eventualmente le modalità delle prove stesse sono descritte nelle corrispondenti Norme. I requisiti che caratterizzano una prova e che devono essere noti prima di iniziare l'esecuzione possono così riassumersi.

1) Forma d'onda della tensione di prova: è di regola la forma 1/50, con le tolleranze precedentemente indicate; la forma d'onda viene normalmente verificata, a tensione ridotta, sul circuito completo, già predisposto per le prove.

2) Polarità della tensione di prova: quando non sia prescritto l'uso di una, o di entrambe le polarità, si usa la sola polarità ritenuta più indicativa ai fini della prova desiderata. Per esempio, con isolamenti in aria si usa normalmente l'onda positiva, che dà i valori di scarica più bassi.

3) Il valore della tensione da applicare è prefissato nelle prove del tipo a), mentre varia in quelle del tipo b). Per le prime, occorre spesso tener presente che la tensione di scarica di un oggetto può essere funzione della pressione, della temperatura e dell'umidità dell'ambiente. Le condizioni normali a cui si fa riferimento sono la temperatura di 20 °C la pressione atmosferica di 760 mmHg e un'umidità assoluta di 11 g/m<sup>3</sup>. La tensione di scarica di un isolamento in aria, alla generica temperatura  $t$  (°C), alla pressione  $p$  (mmHg) è data dalla tensione di scarica in condizioni normali, moltiplicata per il coefficiente

$$k = 0,386 \frac{p}{273 + t}$$



l'effetto dell'umidità può essere rappresentato da un secondo coefficiente  $h$ , assai più difficile da definire per ogni singola apparecchiatura e per le diverse condizioni di prova, del tipo dato in fig. 58.

Ne segue che la tensione  $V$  alla quale deve essere eseguita la prova di un oggetto in condizioni ambientali diverse dalle normali, può differire dal valore  $V_0$ , prescritto in tali condizioni, essendo

$$V = k/h V_0.$$

Si deve però porre attenzione a che il valore di  $V$ , qualora risulti molto più elevato di  $V_0$  (pressione e umidità elevate, temperatura bassa) non pregiudichi la tenuta degli isolamenti interni dell'apparecchio in esame o, viceversa, quando sussistano le condizioni opposte, la prova non sia insignificante ai fini dell'isolamento interno. In condizioni di umidità molto elevata o molto bassa, i risultati delle prove possono presentare forti dispersioni.

È bene siano anche precisate delle tolleranze ( $3 \div 5\%$ ) sul valore di cresta dell'effettiva tensione di prova, rispetto al valore nominale prefissato.

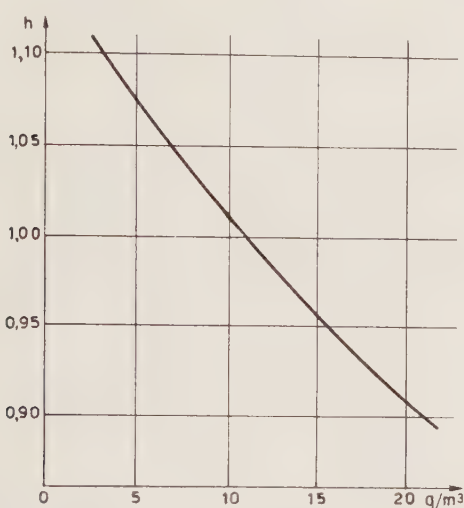


Fig. 58. — Coefficiente di correzione della tensione di scarica in aria in funzione dell'umidità assoluta.

Per le prove di tipo *b*), deve invece essere fissata l'ampiezza dello scalino di tensione fra ogni prova e la successiva. Come regola generale, tale scarto deve essere tenuto inferiore al valore della presumibile dispersione nella tensione di scarica dell'oggetto in prova.

Il valore della tensione, per cui è stato riscontrato il desiderato comportamento dell'oggetto in prova, può essere riportato alle condizioni di temperatura, pressione, umidità normali, quando ciò abbia interesse, dividendo i valori misurati per il coefficiente  $k/h$ .

4) Numero degli impulsi da applicare, per ogni valore della tensione di prova: per gli isolamenti in aria, e per la determinazione della probabilità di scarica, si usano dieci impulsi per ogni gradino di tensione; per le prove di tenuta, si applicano cinque impulsi: se in uno di essi si verifica una scarica in aria, si applicano cinque o dieci nuovi impulsi consecutivi, alla stessa tensione, durante i quali non deve verificarsi una nuova scarica. Per gli isolanti solidi risulta in pratica conveniente eseguire almeno tre impulsi consecutivi alla stessa tensione.

L'intervallo fra un impulso e l'altro non ha grande importanza, quando esso sia, anche per le necessità di ricarica del generatore, maggiore di una decina di secondi, che è l'ordine di grandezza della vita media delle cariche libere in aria.

5) I requisiti necessari per definire il comportamento dell'oggetto in prova: nelle prove d'isolamenti in aria, la scarica può essere percepita attraverso l'osservazione

diretta dell'oggetto in prova; questa osservazione è sempre molto utile, per distinguere il tipo di scarica, il suo punto di partenza ecc.

L'osservazione oggettiva più semplice è data dal rilievo oscillografico della tensione applicata che cade, più o meno bruscamente, in seguito al cedimento dell'isolante. Anche se non viene effettuata una registrazione fotografica, è utile l'osservazione visuale dell'oscillogramma, purché estesa ad un tempo sufficientemente lungo (almeno fino all'emivalore dell'onda).

Quando la prova sia eseguita su un isolamento che non sia in vista, la registrazione fotografica è l'unica testimonianza attendibile, benché possano aversi fenomeni secondari ottici (archi, sviluppo di gas, ecc.) e acustici.

Quando le scariche possono avvenire fra elementi parziali di una struttura (per esempio archi fra spire, nella prova di un trasformatore) è necessario disporre di rilevamenti più sensibili, registrando, per esempio, la corrente che percorre l'oggetto in prova. Questa registrazione viene fatta prima con tensione ridotta e successivamente alla piena tensione di prova; le due registrazioni devono essere simili; molto spesso, agendo sulla sensibilità dell'oscillografo, con opportuno partitore, è possibile portarle ad eguale ampiezza, in modo da confrontarle per sovrapposizione.

Le deviazioni dalla similitudine indicano la presenza di una anomalia nel circuito di prova; per poter con sicurezza affermare che essa risieda nell'oggetto in prova, è necessario assicurare la perfetta similitudine delle forme d'onda nelle tensioni applicate e l'assenza di disturbi di origine esterna, che non rispettino la scala delle ampiezze fissata dalla registrazione (fig. 59).

Nei casi dubbi, è bene ripetere la prova, alla stessa tensione, in modo da verificare se le irregolarità permangano immutate o si esaltino, indicando più chiaramente l'esistenza di un guasto.

6) La disposizione dell'oggetto in prova: l'oggetto da provare deve essere pulito e asciutto; la sua disposizione riguardo al piano di terra, agli oggetti circostanti, alle connessioni, deve essere per quanto possibile prossima alle sue condizioni di lavoro, compatibilmente con una definizione delle condizioni di prova, che ne assicuri la riproducibilità.

Gli oggetti estranei possono, con la loro presenza, disturbare la distribuzione del campo elettrostatico circostante l'oggetto in prova; la loro distanza deve perciò essere commisurata non solo alla possibilità di scarica verso di essi, ma anche alla disposizione e alle dimensioni dell'oggetto in prova ed al presumibile percorso di una scarica su di esso. Una regola pratica indica una distanza di almeno una volta e mezza la lunghezza della presumibile scarica esterna sull'oggetto stesso.

Dopo la verifica della forma d'onda a tensione ridotta, e la registrazione degli eventuali oscillogrammi di grandezze sensibili ai guasti, occorre regolare il generatore perché fornisca la tensione desiderata. Questa regolazione si può fare per tentativi, solo se l'oggetto in prova può sopportare un numero qualsiasi di impulsi alla tensione voluta (per esempio isolatori in aria). Altrimenti è necessario, negli oscillogrammi registrati a tensione ridotta, calcolare il rapporto esistente, in quelle condizioni di prova, fra la tensione di cresta dell'impulso e la tensione di carica del generatore, ed estrapolare il risultato, ammettendo il rendimento costante.

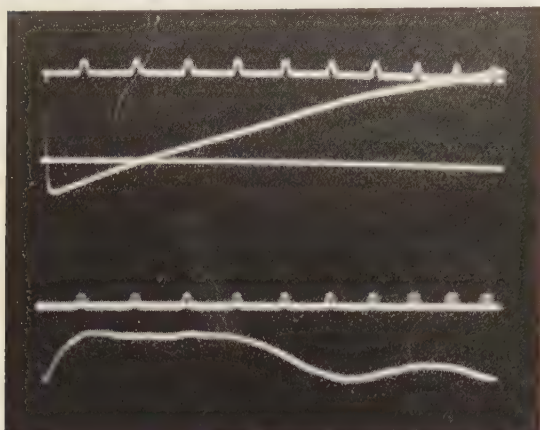
## 16. - NOZIONI SULLA SCARICA NEI GAS.

Per impostare delle prove su strutture isolanti e interpretarne correttamente i risultati, è necessario gettare uno sguardo sul comportamento dei materiali isolanti sotto tensioni ad impulso, e sulla natura fisica della scarica. Si è infatti già rilevato, come i fenomeni che accompagnano la perdita delle proprietà dielettriche di un isolante, sottoposto ad un'onda impulsiva, siano fondamen-

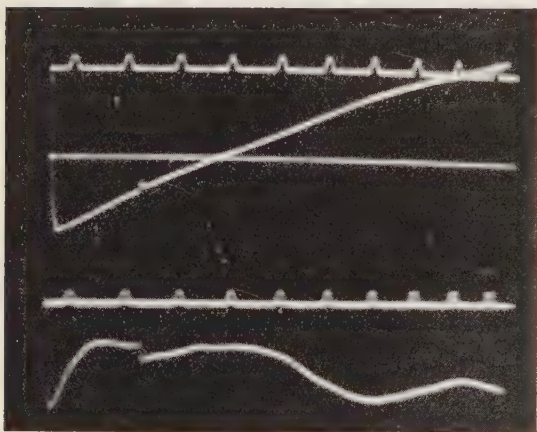


talmente diversi da quelli che si verificano quando il materiale è sottoposto a tensione alternata, a frequenza industriale, tanto da richiedere l'introduzione dei concetti di probabilità di scarica, di rapporto d'impulso ecc.

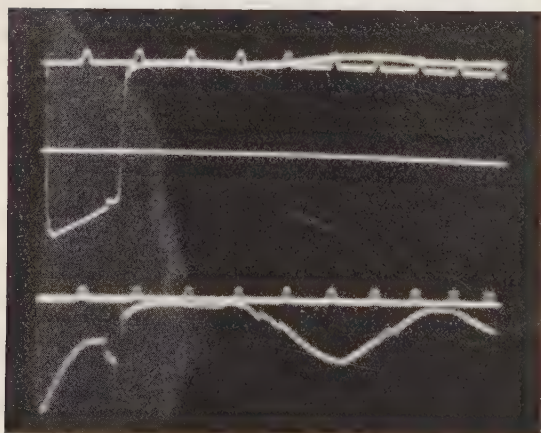
Esamineremo separatamente il comportamento degli isolanti gassosi, da quello degli isolanti solidi o liquidi.



a)



b)



c)

Fig. 59. — Registrazione oscillografica su trasformatore: a) in assenza di scarica interna; b) con scarica interna fra spire; c) con scarica a massa.

Nei gas, ed in particolare nell'aria, la scarica avviene per effetto delle collisioni fra particelle presenti nella

zona sottoposta al campo elettrico. Un elettrone libero, uscendo dall'elettrodo negativo, può produrre, se sufficientemente accelerato dal campo elettrico, nuovi elettroni e ioni liberi, per urto con le molecole neutre del gas. Il processo si moltiplica, se il valore del campo elettrico si mantiene sufficientemente elevato in tutta la zona fra gli elettrodi, e dà luogo ad una «valanga» di elettroni, che si propaga in direzione dell'elettrodo positivo. Se le nuove cariche libere sono in grado, attraverso i processi secondari di ionizzazione, di riprodurre all'elettrodo negativo l'elettrone che ha dato inizio al fenomeno, questo diviene continuo e si autoesalta: il gas diviene conduttore e viene percorso da una corrente di elevata intensità (arco), fornita sia dalla sorgente a cui si doveva la differenza di potenziale applicata all'oggetto in prova, sia dalla scarica della capacità del pezzo stesso.

Elettroni liberi possono essere prodotti per estrazione dall'elettrodo negativo per effetto del campo elettrico o, per urto, da ioni positivi; essi possono però già esistere nell'atmosfera, prodotti da radiazioni cosmiche, da radioattività naturale o da effetti fotoelettrici. La presenza di cariche libere e la possibilità che esse diano inizio ad un fenomeno capace di autosostenersi dipendono quindi direttamente dal valore del campo elettrico applicato, ma sono soggette a fluttuazioni di natura probabilistica.

Il valore  $K_0$  del campo elettrico che porta alla scarica di un gas in un campo uniforme, dipende dalla natura del gas e dalla sua densità, che è funzione, a sua volta, della pressione e della temperatura; dipende in parte dalla natura e dalla superficie degli elettrodi.

Se il campo  $K_0$  è applicato per un tempo molto breve, come accade se la tensione applicata è di tipo impulsivo, esiste un ritardo fra l'istante in cui viene raggiunto il valore  $K_0$  e quello in cui la scarica si verifica. Questo ritardo è dovuto, da una parte al tempo necessario perché un elettrone libero appaia nello spazio sottoposto al campo elettrico, dall'altra al tempo di formazione della scarica, cioè al tempo richiesto per sviluppare il processo su tutta la distanza esplosiva.

Il primo di questi ritardi è il più soggetto a fluttuazioni di tipo probabilistico, dipendendo fortemente dalla natura degli elettrodi e dalle condizioni di ionizzazione naturale o artificiale presenti nella zona interessata. La produzione artificiale di elettroni liberi sulla superficie degli elettrodi (per esempio, mediante irraggiamento con radiazioni ultraviolette) può ridurre considerevolmente questo ritardo e quindi limitare la dispersione delle misure, come già si è notato nel caso degli spinterometri a sfere.

Il tempo di formazione è invece dipendente soprattutto dai valori istantanei e dalla distribuzione spaziale del campo elettrico; per un campo uniforme, in cui la velocità delle cariche sia proporzionale al campo elettrico, si può ritenere, in prima approssimazione, che la scarica abbia luogo quando sia stato raggiunto un certo valore per l'area tensione-tempo, contata a partire dall'istante in cui la tensione applicata supera il valore che sarebbe necessario per ottenere la carica in un tempo infinitamente lungo. Tenendo presente questo concetto (vedi fig. 60) per quanto approssimativo, si possono intendere, almeno qualitativamente, gli andamenti delle curve tensione-tempo di scarica e l'influenza che i parametri della forma d'onda esercitano sul valore della tensione e del tempo di scarica.

Per valori non troppo piccoli della distanza esplosiva (maggiori, ad esempio, di qualche millimetro) il tempo di formazione non può più essere interpretato attraverso il solo processo della ionizzazione per urto. È necessario ammettere che la zona più avanzata della valanga di elettroni abbia, grazie alla forte concentrazione di cariche ivi esistente, un'azione ionizzante a distanza, per effetto fotoelettrico, tale da creare rapidamente nello spazio circostante numerose altre sorgenti di elettroni



liberi, che finiscono per costituire un canale ionizzato fra i due elettrodi.

La propagazione delle cariche elettriche risulta praticamente affidata ai soli elettroni, poichè gli ioni positivi, per la loro massa molto maggiore, possono considerarsi, per il tempo assai limitato in cui si sviluppa il fenomeno, praticamente fermi. La loro presenza nello spazio esplosivo dà luogo ad una distribuzione di carica positiva (carica spaziale) che altera il valore del gradiente elettrico lungo di esso, aumentandolo in una parte del campo e diminuendolo nel resto.

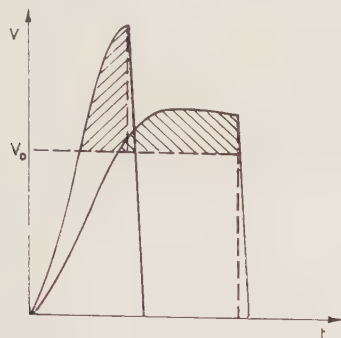


Fig. 60. — Criterio di equivalenza dell'area tensione-tempo.

In un campo disuniforme, la carica spaziale si forma intorno all'elettrodo più sollecitato, dove — prima che altrove — si raggiunge il valore  $K_0$  del campo, sufficiente alla produzione di elettroni per urto; se l'elettrodo più sollecitato è quello positivo (come in fig. 61) il risultato

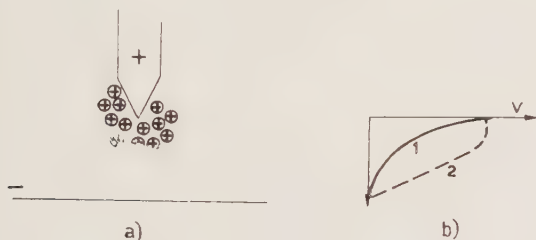


Fig. 61 a). — Effetto della carica spaziale su una punta positiva.

Fig. 61 b). — Distribuzione della tensione lungo la distanza isolante della figura 61 a): 1) in assenza, 2) in presenza della carica spaziale.

della carica spaziale è un'uniformizzazione del campo con innalzamento del gradiente medio nella zona esterna ad essa. Viceversa, se l'elettrodo a campo più intenso è quello negativo: in tal caso il campo si concentra tutto fra l'elettrodo e la carica spaziale, dove si verifica una intensa ionizzazione localizzata, ma diminuisce in tutta la restante parte della distanza esplosiva (fig. 62).

Ciò spiega come, in generale, la tensione di scarica di una struttura in aria sia minore quando la tensione ap-

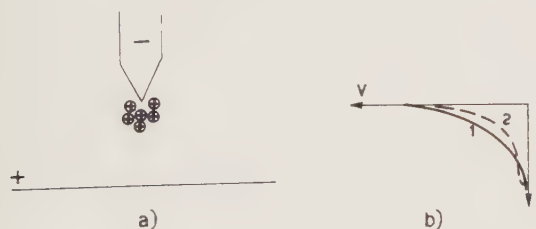


Fig. 62 a). — Effetto della carica spaziale su una punta negativa.

Fig. 62 b). — Distribuzione della tensione lungo la distanza isolante della fig. 62 a): 1) in assenza, 2) in presenza della carica spaziale.

plicata è positiva (effetto di polarità), essendo in genere l'elettrodo di terra il meno sollecitato; gli scarti fra le tensioni di scarica, per le due polarità, sono normalmente dell'ordine del 20÷30 %, ma possono in alcuni casi raggiungere anche il 100 % (fig. 63).

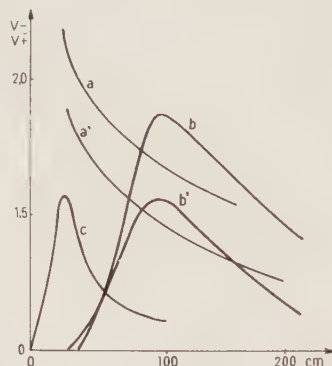


Fig. 63. — Rapporto di polarità (tensione di scarica negativa/tensione di scarica positiva) per diverse strutture in aria:

a), spinterometro asta-piano, tempo di scarica 14  $\mu$ s; a'), spinterometro asta piano, tempo di scarica 4  $\mu$ s; b) spinterometro sfera-piano, tempo di scarica 14  $\mu$ s; b'), spinterometro sfera-piano, tempo di scarica 4  $\mu$ s; c), isolatori portanti.

Il contrario avviene per piccole distanze e per campi abbastanza uniformi (come per esempio gli spinterometri a sfere con distanze esplosive fra 0,2 D e 1,2 D): in essi infatti, l'estrazione di elettroni che possano dare inizio alla valanga, deve avvenire in vicinanza del catodo ed è perciò tanto più facile, se questo è l'elettrodo maggiormente sollecitato. Abbiamo infatti notato come l'effetto della irradiazione sugli spinterometri sia di rendere minori le tensioni di scarica positive, avvicinandole ai valori negativi.

Una zona di transizione fra questi due comportamenti si può verificare quando il campo sia tale da dar luogo ad un intenso effluvio prima della scarica; in queste condizioni possono presentarsi delle instabilità nei valori e nei tempi di scarica.

Come esempi indicativi del comportamento degli isolamenti in aria, si riportano in fig. 64 le tensioni di scarica

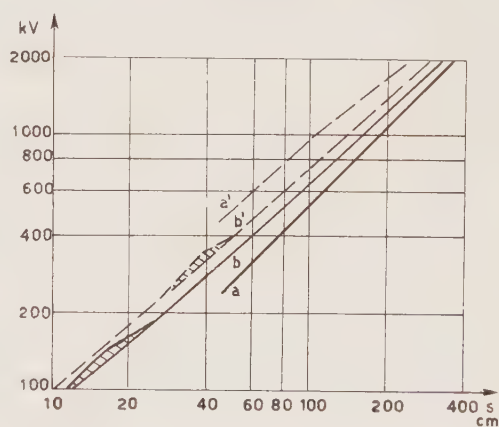


Fig. 64. — Tensione di scarica 50% su spinterometri asta-piano (a, a') e asta-asta (b, b'); a, b, = polarità positiva; a', b' = polarità negativa.

50 % di spinterometri asta-asta o asta-piano, per tensioni di tipo 1/50, di entrambe le polarità e per le condizioni ambiente normali. Nella fig 65 sono riportate le caratteristiche tensione-tempo di scarica, per le stesse strutture; i valori delle tensioni sono rapportati alle rispettive tensioni di scarica 50 %.



## 17. - NOZIONI SULLA SCARICA NEGLI ISOLANTI SOLIDI.

Nel campo che maggiormente interessa le prove ad impulso, cioè per sollecitazioni dielettriche con durata fino a qualche decina di microsecondi, si possono ritenere assenti tutti i fenomeni termici che determinano in modo preponderante la scarica degli isolanti solidi, sotto tensioni alternative; il valore della tensione di perforazione risulta perciò notevolmente superiore, potendosi contare su valori del rapporto d'impulso dell'ordine fra 2 e 5.

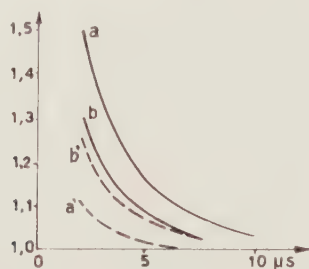


Fig. 65. — Curve tensione-tempo di scarica per spinterometri asta-piano e asta-asta; valgono gli stessi simboli della fig. 64.

Anche nei dielettrici solidi la scarica viene iniziata da elettroni, accelerati dal campo elettrico applicato; in generale, però, queste cariche non esistono allo stato libero, come nei gas, ma debbono essere estratte dai nuclei per effetto delle forze elettrostatiche; quando il campo è sufficientemente intenso, gli elettroni accelerati possono estrarre altri elettroni dalle molecole presenti, fino a provocare la valanga che porta alla scarica fra gli elettrodi.

Il fenomeno, se nelle sue linee generali segue lo stesso andamento della scarica nei gas, ne differisce profondamente dal punto di vista quantitativo, sia per la diversa natura dei legami che tengono vincolati gli elettroni periferici ai rispettivi nuclei o molecole, sia per le diverse leggi di propagazione degli elettroni nella struttura di un solido.

In particolare, oltre ai valori in genere più elevati dei campi elettrici necessari a produrre la scarica, si nota un effetto molto ridotto della polarità e un ritardo alla scarica di ordine di grandezza sensibilmente inferiore di quello che si ha nella scarica dei gas; da questo deriva un'influenza della forma d'onda assai meno marcata che non per i gas.

In assenza di fenomeni particolari, che verranno esaminati in seguito, il valore del campo elettrico necessario ad ottenere la scarica, sotto tensioni impulsive, può realmente definirsi come rigidità dielettrica intrinseca del mezzo, in quanto largamente indipendente dallo spessore del provino, dalla forma degli elettrodi e — dentro certi limiti — dalla forma e dalla durata della sollecitazione. Alcuni valori sono dati dalla seguente tabella.

## Rigidità dielettrica di isolanti solidi, sotto tensioni ad impulso

	kV/mm	
Mica . . . . .	1000 - 1500	
Resine acriliche (perspex) . . . . .	1300	
Politene . . . . .	700	
Compound per cavi . . . . .	190	
Vetro . . . . .	200 - 300	
Pyrex . . . . .	170	
Ceramica . . . . .	50 - 100	

Questi valori si possono raggiungere solo usando disposizioni che evitino, nei provini o nel mezzo circostante, scariche superficiali; dovrà quindi essere curata la distribuzione del campo e l'uso di mezzi esterni di elevata rigidità ed elevata costante dielettrica. Gli effetti super-

ficiali ed ai bordi del pezzo in prova possono completamente falsare la determinazione della tensione di scarica, sia di un provino di materiale dielettrico, sia di qualsiasi struttura isolante; è perciò necessario che le condizioni di contorno siano ben definite in ogni prova e sia verificato, per quanto possibile, preliminarmente, il comportamento della disposizione impiegata per la prova.

Poiché, come si è detto, il ritardo alla scarica è nei dielettrici solidi molto minore che non nei gas, se il campo elettrico applicato ha una durata molto limitata — minore, ad esempio, di un microsecondo — la scarica si manifesterà nei solidi, indipendentemente dalla presenza di vacuoli gassosi, sia sulla superficie di separazione fra elettrodi e solido, sia nell'interno del solido stesso. Per maggiori durate della sollecitazione, si osservano invece valori minori della tensione di scarica, che possono essere attribuiti alla presenza di scariche parziali o di scariche interne nei vacuoli gassosi. La valanga di elettroni lascia infatti dietro di sé un canale conduttore, contenente un certo numero di atomi ionizzati; questo canale rimane ionizzato, poiché la diffusione degli elettroni liberi nel resto del dielettrico avviene molto più lentamente dell'avanzamento della valanga, che è accelerata dal campo elettrico impresso. Si ha un fenomeno di scarica parziale quando l'evoluzione della valanga rimane bloccato; ciò può avvenire per diverse cause, soprattutto per disuniformità del campo elettrico o delle proprietà dielettriche del materiale, o perché la sorgente non è in grado di fornire l'energia necessaria a mantenere la corrente di pre-scarica. Dopo che è avvenuta una prima scarica parziale, il fenomeno si può propagare, se la sollecitazione viene ripetuta o prolungata nel tempo; si ottiene come effetto una diminuzione della tensione di scarica all'aumentare del numero degli impulsi applicati e all'aumentare della durata della coda. Il fenomeno si presenta più notevole dove esistano incrinature superficiali o altri punti deboli, per esempio, in seguito a sollecitazioni meccaniche.

Le scariche interne nei vacuoli seguono le leggi delle scariche nei gas; quando si verificano, danno luogo ad una distribuzione di cariche libere nell'interno del dielettrico, che generano un campo di segno apposto a quello impresso dalla tensione applicata. Il fenomeno può essere semplicemente schematizzato con l'insieme di due condensatori (fig. 66) uno dei quali ha una tensione di scarica

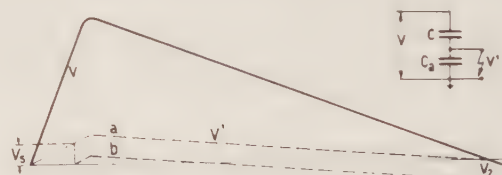


Fig. 66. — Rappresentazione schematica di una scarica interna;  $V$ , tensione applicata;  $V'$ , tensione su  $C_a$ ;  $a$ , in assenza di scarica;  $b$ , in presenza di scarica;  $V_s$ , tensione di scarica di  $C_a$ ;  $V_r$ , tensione residua.

$V_s$ ; si verifica come il campo dovuto alla scarica interna permane, dopo cessata la sollecitazione impressa; esso decade con una costante di tempo corrispondente a quella propria del dielettrico, che può essere dell'ordine di parecchie ore. Se, prima che tale decadimento si verifichi, viene applicata al dielettrico una tensione dello stesso segno e valore di quella che ha provocato la precedente scarica interna, le sollecitazioni risultanti sono ridotte e si ha perciò un innalzamento della tensione di scarica; se però viene applicata la stessa tensione, con segno opposto, le sollecitazioni ne risultano aumentate e si ha con maggior facilità la scarica completa.

## 18. - ALTRI ASPETTI DEL FENOMENO DI SCARICA.

Fra i materiali più usati come dielettrici nelle costruzioni elettromeccaniche, sono da considerarsi gli oli minerali e la carta impregnata d'olio.



La natura della scarica in olio, per quanto possa sostanzialmente essere ricondotta agli stessi processi già visti per i dielettrici solidi, presenta caratteri estremamente variabili, per l'effetto delle impurità (polveri, fibre, umidità, gas disciolti ecc.) che l'olio può contenere. Le particelle conduttrici che si dispongono fra gli elettrodi, deformano il campo elettrico, in modo tanto più sensibile quanto maggiore è la distanza fra gli elettrodi stessi; il gradiente che dà luogo alla scarica — anche con disposizioni a campo impresso uniforme — è perciò funzione sia della quantità e qualità delle impurezze, sia della distanza fra gli elettrodi (fig. 67).

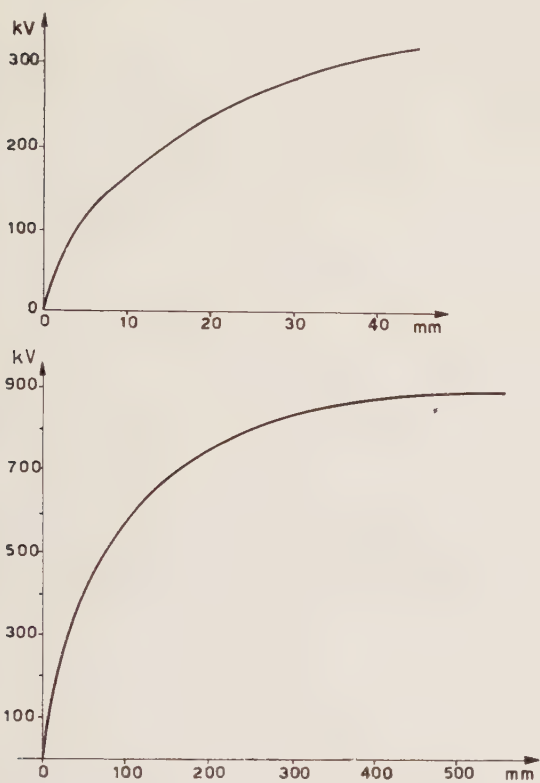


Fig. 67. — Tensione di scarica 50% in olio fra elettrodi a campo uniforme; a) per piccole distanze; b) per grandi distanze.

L'effetto globale delle impurità è peraltro meno marcato sotto tensioni ad impulso, che non a frequenza industriale; il rapporto d'impulso — che può variare da 2 a 3 — è perciò maggiore per un olio di cattiva qualità che non per un olio molto puro.

Nel dielettrico carta impregnata, hanno influenza sia la natura dell'impregnante, sia quella del supporto; si constatano, per la carta impregnata in olio minerale, valori della rigidità dielettrica dell'ordine da 120 a 200 kV/mm; esso è tanto più elevato quanto minore è lo spessore del dielettrico, quanto maggiore è la sua densità, la sua impermeabilità e la sua uniformità. A seconda della lavorazione, le proprietà della carta possono variare in modo molto esteso da punto a punto dello stesso campione; poichè la scarica avviene sempre nel punto più debole e su aree molto limitate, la tensione di scarica dipende inversamente dall'area di dielettrico sollecitata.

In presenza di più fogli di carta sovrapposti, è probabile che la scarica abbia inizio nelle zone d'impregnante situate fra i fogli; si nota infatti che, mentre non esiste un effetto di polarità (cioè le tensioni di scarica positiva e negativa non differiscono apprezzabilmente fra loro) eseguendo prove con impulsi alternativamente dei due segni, si ottengono delle diminuzioni del 10÷20 % sulle tensioni di scarica; questa avviene normalmente al primo impulso di polarità opposta, dopo che l'oggetto ha sop-

portato anche un numero elevato di impulsi dello stesso valore e polarità.

Con l'aumentare del numero degli impulsi applicati ad ogni gradino di tensione, la tensione di scarica diminuisce leggermente; non si hanno variazioni sensibili se tale numero non supera la decina, mentre diminuzioni dell'ordine del 10 % si registrano applicando a ogni gradino almeno un centinaio di colpi.

La dispersione, nella curva di probabilità di scarica, può stimarsi fra il 5 e il 10 %.

Quando ci si trova in presenza di un isolamento composto, formato ad esempio da spazi d'olio e isolamento in carta (come negli avvolgimenti dei trasformatori), il fenomeno della scarica può apparire in modo più complesso. Esso inizia con fenomeni di scarica parziale agli elettrodi, con possibile danneggiamento della superficie del dielettrico; si riscontra una distribuzione di cariche libere su tali superfici, che danno luogo a marcati effetti di diminuzione della tensione di scarica, con l'inversione della polarità dell'onda applicata.

In secondo luogo si verifica il cortocircuito degli spazi di olio, per mezzo di canali ionizzati, specialmente possibili lungo le superfici di distanziamento eventualmente presenti nello spazio d'olio. Si arriva infine, completati questi due fenomeni, alla perforazione dell'isolante solido e quindi alla scarica vera e propria.

In tutte le strutture isolanti, immerse in un dielettrico liquido o gassoso, è da temersi la scarica lungo le superfici di separazione; questa può essere interpretata come una scarica parziale nel gas o nel liquido — sotto l'effetto della distorsione del campo elettrico, provocata dalla presenza del dielettrico solido — che si evolve fino alla scarica completa.

La distorsione del campo è governata soprattutto dai valori relativi delle costanti dielettriche del solido e del mezzo che lo circonda — oltre che, naturalmente, dalla loro forma —; lo stato della superficie, che ha grande importanza a frequenza industriale, è qui di effetto secondario.

Spesso la disposizione del campo elettrico è tale che la scarica si svolge in parte in aria e in parte sulle superfici; queste hanno ritardo alla scarica in genere minore, come tutti i dielettrici solidi, dei corrispondenti spazi d'aria. Può perciò accadere, per esempio negli isolatori provvisti di anelli protettivi, che la scarica segua le superfici, sotto sovratensioni di durata molto limitata, e avvenga in aria, per sovratensioni di maggior durata (fig. 68).

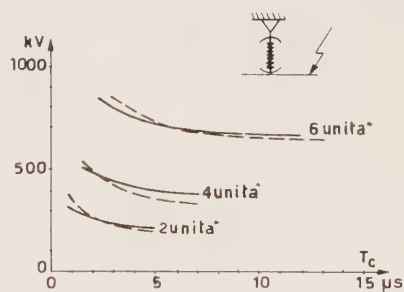


Fig. 68. — Caratteristiche tensione-tempo di scarica di catene di isolatori (curve a tratto pieno) e delle corrispondenti lunghezze in aria delle protezioni (curve a tratto).

La fig. 69 mostra, ad esempio, la tensione di scarica superficiale di un cilindro di cartone, in olio; la curva a) si riferisce ad elettrodi di altezza  $h$  paragonabile alla distanza  $l$ , la curva b) ad elettrodi sottili (0,1 mm). Le dimensioni del cilindro e l'eventuale arrotondamento degli spigoli degli elettrodi non hanno sostanziale influenza.

La presenza di un campo elettrico trasversale (fig. 70), riduce la tensione di scarica superficiale; il fenomeno ha infatti inizio sotto forma di liberazione di cariche sulla



superficie del dielettrico, liberazione che è facilitata dalla esistenza della sollecitazione trasversale.

#### CONCLUSIONI.

Le presenti note non esauriscono, evidentemente, gli argomenti e i problemi relativi alle prove ad impulso. Le prove delle singole apparecchiature, e la determinazione del loro comportamento di fronte alle tensioni ad impulso, possono infatti costituire altrettanti capitoli separati per alcuni dei quali (come per esempio quello relativo ai trasformatori) si è raggiunto un larghissimo sviluppo di contributi teorici e sperimentali <sup>(1)</sup>.

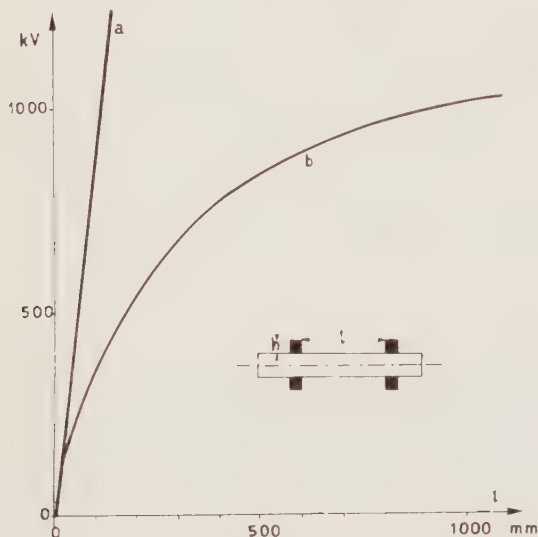


Fig. 69. — Tensione di scarica superficiale in olio; a) con elettrodi estesi; b) con elettrodi sottili.

Avendo tuttavia cercato di inquadrare nei precedenti capitoli gli aspetti fondamentali dei vari problemi, esse possono costituire un punto di partenza per uno studio più approfondito.

A questo scopo si consiglia il volume dello Strigel [1], assai ricco di dati sia sul comportamento dei materiali,

<sup>(1)</sup> In *Power App. and System*, vol. 77, 1958, pag. 1150, P. A. Abetti ha raccolto oltre 900 riferimenti bibliografici sulle prove ad impulso delle macchine elettriche.

che sulle apparecchiature di prova. Al comportamento dei materiali sotto tensioni ad impulso sono dedicati vari capitoli dei due classici libri di Craggs e Meek [2] e Whitehead [3]; molte apparecchiature di laboratorio (generatori, spinterometri, dispositivi di sincronizzazione, divisori di tensione ecc.) sono descritte in dettaglio nei corrispondenti capitoli di un altro volume di Craggs e Meek [4].

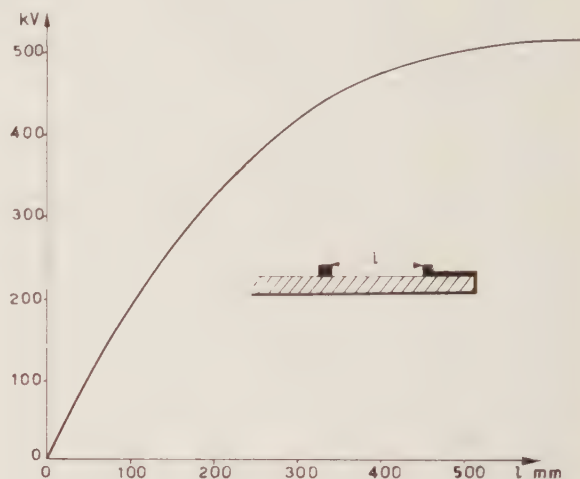


Fig. 70. — Tensione di scarica superficiale in presenza di campo trasversale.

Maggior approfondimento sui singoli argomenti viene offerto dalla larga letteratura tecnica, per la quale si rimanda, in parte, alla bibliografia dello Strigel [1], del Craggs e Meek [4] e del Marx [5].

Manoscritto pervenuto il 10 febbraio 1960.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] R. STRIGEL: *Elektrische Stossfestigkeit*. - Springer, 1955.
- [2] CRAGGS e MEEK: *Electric Breakdown of Gases*. - Oxford Press, 1951.
- [3] S. WHITEHEAD: *Dielectric Breakdown of Solids*. - Oxford Press, 1952.
- [4] CRAGGS e MEEK: *High Voltage Laboratory Technique*. - Butterworth edit., 1954.
- [5] E. MARX: *Hochspannungs-Praktikum*. - Springer, 1952.

# SUL COMPORTAMENTO DI SERVOSISTEMI A RELÈ IN REGIME PERMANENTE

F. GASPARINI - L. MERIGLIANO (\*)

*Si studia il comportamento in regime permanente di servosistemi a relè costituiti da  $n$  blocchi integratori semplici posti in serie, dandone la soluzione per via grafica estendendo il noto metodo del piano delle fasi, e per via analitica; si sviluppa inoltre quantitativamente lo studio del servosistema a due blocchi sintetizzandone il funzionamento in abachi e tabelle.*

*Si riportano in fine risultati sperimentali conseguiti su una rete modello e su una applicazione industriale consistente nella regolazione della tensione di generatori elettrici rotanti, di media potenza.*

I relè elettromeccanici sono organi di notevole delicatezza dovendo, in numerose applicazioni, periodicamente interrompere circuiti elettrici capaci spesso di immagazzinare energie relativamente elevate con una conseguente usura dei contatti, che è tanto maggiore quanto più elevati sono il lavoro di interruzione e la frequenza di funzionamento; particolare attenzione va poi fatta agli organi di contrasto, anch'essi sottoposti alla fatica di un funzionamento periodico che ne può alterare le caratteristiche, dando luogo a notevoli inconvenienti specie se il relè è inserito in una catena di regolazione e agli organi di contrasto è assegnato il compito di costituire l'elemento di riferimento.

Ciò nonostante relè elettromeccanici vengono ugualmente da tempo impiegati nella regolazione automatica tanto più che, se utilizzati all'ingresso di amplificatori opportuni, possono risultare di dimensioni ridotte, con minori inerzie meccaniche ed organi di contrasto più precisi e costanti, e con minor lavoro di interruzione.

Di conseguenza l'indagine di molti studiosi di problemi di regolazione ha dato luogo a numerosi contributi (vedansi ad esempio i riferimenti bibliografici) tendenti ad individuare metodi analitici e grafici per lo studio di sistemi di regolazione a relè; tali metodi si fondano spesso sull'ormai classica teoria dei sistemi lineari valutando in generale l'influenza dell'inserzione di un elemento non lineare (quale può assumersi il relè) in una catena lineare di regolazione.

Caratteristica fondamentale di questi sistemi è il verificarsi, in condizioni di regime, di oscillazioni persistenti delle grandezze in gioco per cui riveste particolare importanza individuarne l'ampiezza relativa ai valori voluti, nonché la frequenza.

Sia l'ampiezza che la frequenza delle oscillazioni risultano fortemente legate, come si vedrà, alle caratteristiche del sistema lineare e del relè, tra le quali assume preminente influenza il valore della « zona morta », cioè della differenza tra i valori dei segnali che danno luogo rispettivamente all'attacco ed allo stacco del relè.

La determinazione, in linea del tutto generale, del regime di funzionamento di un servosistema lineare a relè è ovviamente molto complessa; nel caso di catene lineari costituite da una serie di blocchi integratori semplici (fig. 1) caratterizzati dalla funzione di trasferimento  $1/(1+pT)$  e le cui impedenze di ingresso crescono notevolmente lungo la catena (per cui si possa trascurare la

ammittenza del blocco  $n$  rispetto a quella del blocco  $n-1$ ) il problema si semplifica notevolmente e ne diventa agevole la soluzione o estendendo ad esso la nota via analitico-grafica del piano delle fasi o per via del tutto analitica come ci si propone di illustrare nella presente nota.

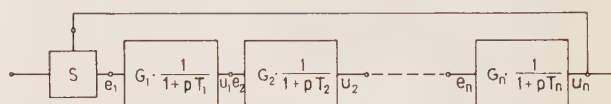


Fig. 1. — Schema generale di servosistema a relè (S) a  $n$  blocchi; in esso sono indicate le grandezze di ingresso e di uscita del singolo blocco con la relativa funzione di trasferimento.

In essa inoltre si riportano dei risultati sperimentali con riferimento a circuiti equivalenti a catene di regolazione reali e ad un sistema di regolazione a relè con amplificatore magnetico, impiegato per la stabilizzazione della tensione di macchine elettriche rotanti di media potenza.

## GENERALITÀ.

Si faccia riferimento allo schema a blocchi di fig. 1: esso è costituito da una catena di sistemi integratori semplici caratterizzati dalle costanti di tempo  $T$  e dai guadagni  $G$ , mentre il relè  $S$ , posto all'ingresso della catena e controllato dal segnale di uscita, dà luogo ad una caratteristica di intervento come quella indicata in fig. 2.

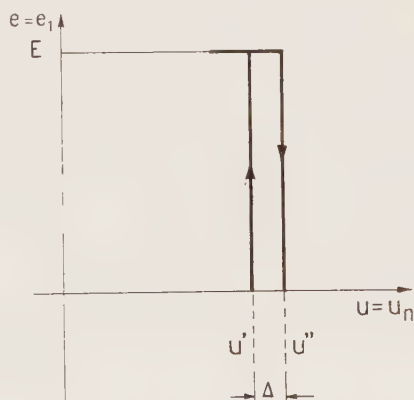


Fig. 2. — Caratteristica di intervento di relè elettromeccanico;  $u'$  e  $u''$ : valori dell'eccitazione del relè per i quali si ha, rispettivamente, l'inserzione e la disinserzione dell'alimentazione ( $E$ ) del sistema.

In quest'ultima si è messa in evidenza la zona morta ( $\Delta$ ) del relè, il quale come si vede, inserisce l'alimentazione del sistema quando il segnale di uscita assume, de-

(\*) Prof. ing. L. MERIGLIANO e Dr. ing. F. GASPARINI, dell'Istituto di Elettrotecnica dell'Università di Padova.



crescendo, il valore  $u'$ , e la disinserisce quando il segnale di uscita assume, crescendo, il valore  $u''$ ; la caratteristica di fig. 2 è molto prossima, ad esempio, a quella di un relè elettromeccanico di piccola inerzia il cui schema di inserzione è rappresentato in fig. 3.

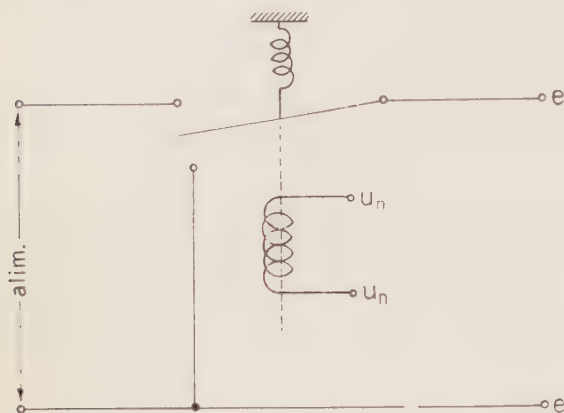


Fig. 3. — Schema di relè elettromeccanico.

Per il blocco generico  $r$  dello schema di fig. 1 e, con riferimento ai simboli in essa indicati, si può scrivere ovviamente:

$$(1) \quad e_r G_r = u_r + T_r \frac{d u_r}{d t}.$$

Quest'ultima relazione si può convenientemente trasformare, introducendo, come usualmente si fa, delle grandezze adimensionali ottenute rapportando i valori istantanei a valori costanti di riferimento; ciò permette maggior semplicità negli sviluppi analitici e generalità delle conclusioni. Come riferimento ci è sembrato opportuno assumere per le  $u_r$  i valori che esse avrebbero ( $U_r$ )

e indicando le grandezze relative con

$$(3) \quad x_r = \frac{u_r}{U_r}, \quad \tau = \frac{t}{T_1}$$

la (1) dà luogo alla

$$(4) \quad x_{r-1} = x_r + \frac{1}{a_r} \frac{d x_r}{d \tau}$$

nella quale si è posto

$$(5) \quad a_r = \frac{T_1}{T_r}.$$

Dalla (4) discendono due sistemi di  $n$  equazioni differenziali lineari con  $n$  incognite corrispondenti alle due condizioni di sistema alimentato ( $x_0 = 1$ ) o di sistema cortocircuitato all'ingresso ( $x_0 = 0$ ).

L'andamento nel tempo delle  $x_r$  per una assegnata caratteristica di intervento del relè può essere individuato o estendendo il metodo grafico, cosiddetto del « piano delle fasi » o per via analitica come si vedrà nel seguito.

#### METODO DEL « PIANO DELLE FASI ».

Il metodo del piano delle fasi [4] consente di pervenire alla determinazione del regime permanente di funzionamento con il procedimento che segue:

— si disegnano  $n$  grafici come quelli riportati in fig. 4 *a*, *b*, *c*, relativi rispettivamente a quanto avviene nel primo, nell' $r_{mo}$  e nell' $n_{mo}$  blocco; il grafico di fig. 4 *a* interpreta chiaramente la (4) per  $r = 1$  ed  $x_0 = 1$  o zero, riportando in ordinate la  $dx_1/d\tau$  ed in ascisse la  $x_1$ ; i grafici successivi interpretano ancora la (4) per diversi valori di  $x_{r-1}$  compresi tra 1 e zero;

— nel grafico relativo al blocco  $n$  si mette in evidenza la zona morta relativa ( $\delta$ ) del relè con riferimento ai due valori critici  $x_n'$  ed  $x_n''$ ,

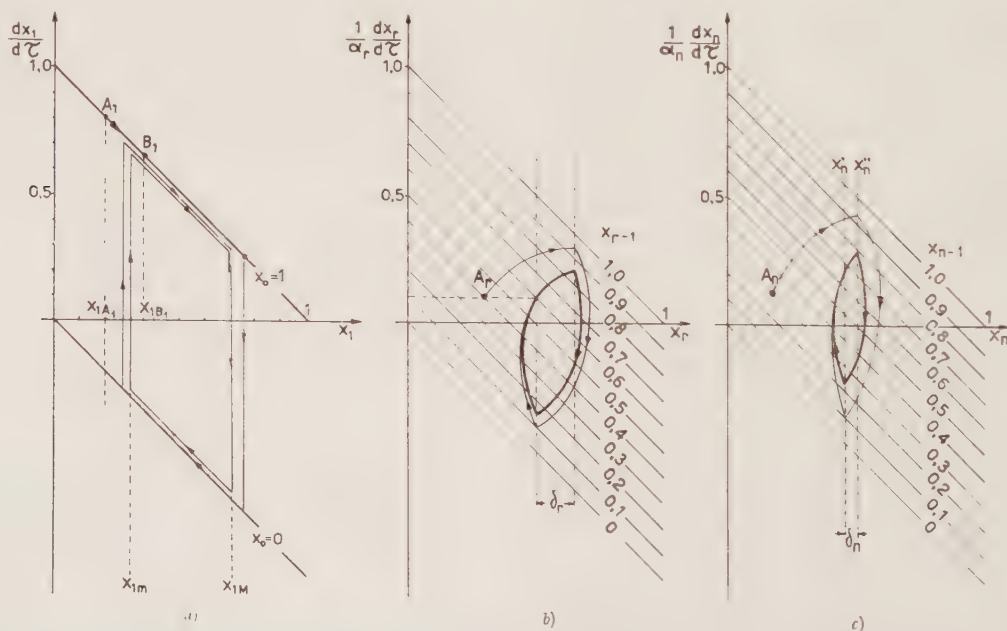


Fig. 4. — Rappresentazione nel piano delle fasi del funzionamento di un servosistema a  $n$ -blocchi.

se l'intero sistema fosse sempre alimentato e per i tempi la costante di tempo ( $T_1$ ) del primo blocco.

Tenendo presente che:

$$(2) \quad e_r = u_{r-1}, \quad U_r = E \cdot G_1 G_2 \dots G_r$$

$$(6) \quad x_n' = \frac{u'}{U_n}, \quad x_n'' = \frac{u''}{U_n};$$

— negli  $n$  diagrammi si scelgono  $n$  punti ( $A_1, A_2 \dots A_n$ )

legati tra di loro nel modo seguente: fissato ad arbitrio il punto  $A_n$ , di coordinate

$$x_{n(A_n)}, \quad \frac{1}{a_n} \frac{dx_n}{d\tau} \quad (A_n)$$

resta determinato il parametro  $x_{n-1(A_n)}$ ; nel diagramma relativo al blocco  $(n-1)$  si fissa ad arbitrio il punto  $A_{(n-1)}$ , purchè la sua ascissa sia  $x_{n-1(A_n)}$ , e così via fino ad individuare il punto  $A_1$  nel diagramma del blocco 1;  $A_1$  si troverà ovviamente sulla retta superiore o inferiore a seconda della posizione di  $A_n$  rispetto ai valori critici  $x_n'$ ,  $x_n''$ .

Per il modo con il quale si sono individuati i punti  $A_r$ , le  $x_r$  di  $A_r$  e le corrispondenti  $\frac{1}{a_r} \frac{dx_r}{d\tau}$  soddisfano al sistema (4) e ne costituiscono quindi un insieme coerente di condizioni iniziali.

Nell'esempio di fig. 4 il punto  $A_1$  si trova nella retta di parametro  $x_0 = 1$ , quindi con  $x_1$  crescenti (circuiti alimentati); pertanto dalle condizioni di  $A_1$  si passerà alle condizioni di  $B_1$ , per una variazione di  $\tau$  che, come si può ricavare dalla fig. 4 a, vale circa:

$$(7) \quad \Delta \tau \approx \frac{x_1(B_1) - x_1(A_1)}{1 - \frac{x_1(B_1) + x_1(A_1)}{2}}$$

Dalla (4) scritta per  $r = 2$ , si ha facilmente, alle differenze finite:

$$(8) \quad \Delta x_2 = a_2 (x_1(A_1) - x_2(A_2)) \Delta \tau;$$

ponendo  $\Delta x_1 = x_1(B_1) - x_1(A_1)$  si ricava, in base alla (7):

$$(9) \quad \Delta x_2 \approx a_2 (x_1(A_1) - x_2(A_2)) \frac{\Delta x_1}{1 - x_1(A_1)}.$$

Noti  $\Delta x_1$  e  $\Delta x_2$  è possibile valutare lo spostamento del punto  $A_2$  nel diagramma del blocco 2 e, continuando il procedimento lo spostamento del punto  $A_n$  del diagramma del blocco  $n$ .

Secondo questo modo di procedere si individuano sul diagramma di ogni blocco gli itinerari dei punti  $A$ . Quando il percorso del punto  $A_n$  giunge ad intersecare la retta  $x_n'' = \text{cost}$  il relè toglie l'alimentazione del circuito per cui nel diagramma relativo al blocco 1 si passa dalla retta  $x_0 = 1$  alla retta  $x_0 = 0$  e le  $x_1$  diminuiscono; i valori di  $\Delta \tau$ , da assumersi in questa fase sono di conseguenza (fig. 4 a):

$$(10) \quad \Delta \tau \approx - \frac{x_{1B} - x_{1A}}{x_1}$$

Il percorso del punto  $A_n$  continuerà quindi sino ad intersecare la retta  $x_n' = \text{cost}$ , in corrispondenza della quale il relè torna ad alimentare il sistema, per cui l'itinerario successivo dovrà ancora essere individuato mediante il valore di  $\Delta \tau$  dato dalla (7).

Il processo dura teoricamente un tempo infinito ma praticamente da un certo punto in poi gli itinerari di tutti i punti  $A$  si ricoprono su cicli che individuano il funzionamento del sistema in regime permanente.

Nel diagramma  $n_{mo}$  è facile, come si vede nella fig. 4 c, valutare l'ampiezza delle oscillazioni della grandezza relativa di uscita  $(x_{nM} - x_{nm})$ ; così pure è possibile, a mezzo del diagramma relativo al primo blocco, valutare i valori massimi  $(x_{1M})$  e minimi  $(x_{1m})$  della grandezza d'uscita del primo blocco.

Gli andamenti di  $x_1$  in funzione di  $\tau$  con sistema alimentato, o no, sono riportati rispettivamente nelle curve di fig. 5, nella quale sono facilmente individuabili gli intervalli  $\tau_L$  e  $\tau_R$  per i quali il relè consente e non consente

l'alimentazione del sistema; il periodo  $T$  della oscillazione dell'intero sistema è dato ovviamente dalla:

$$(11) \quad T = (\tau_R + \tau_L) T_1.$$

Il metodo seguito è laborioso, ma consente la determinazione completa del regime periodico di funzionamento, e può essere utilizzato, come mostra l'esempio

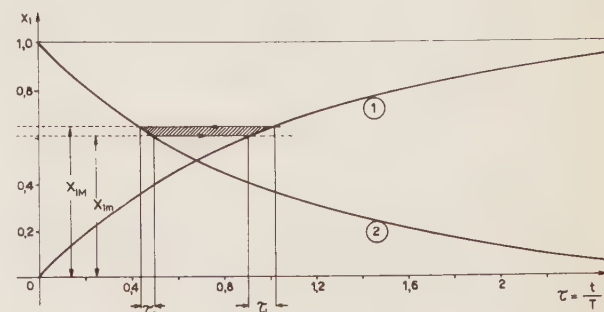


Fig. 5. — Andamenti nel tempo della grandezza d'uscita del primo blocco ( $x_1$ ) con sistema alimentato (curva 1) o no (curva 2);  $x_{1M}$  e  $x_{1m}$  ne sono i valori relativi minimo e massimo.

riportato, per lo studio dei transistori nella catena considerata.

#### METODO ANALITICO.

In base alla (4) scritta per il blocco generico ( $r$ ) e per il primo, si ricava facilmente:

$$(12) \quad \frac{dx_r}{dx_1} = a_r \frac{x_{r-1} - x_r}{x_0 - x_1}, \quad r = 2, 3 \dots n.$$

La (12) rappresenta sinteticamente un sistema di  $(n-1)$  equazioni differenziali lineari di primo ordine nelle  $(n-1)$  incognite  $x_2 \dots x_n$ .

Si può verificare come (nell'ipotesi che le  $a_2 \dots a_n$  siano diverse tra di loro e da 1), la soluzione generale per la incognita generica  $x_r$  in funzione di  $x_1$  sia data dalla:

$$(13) \quad x_r = x_0 - A_r (x_0 - x_1)^{a_r} + \sum_{s=1}^{r-1} (-1)^{r-1+s} \cdot A_s \frac{a_{s+1} \dots a_r}{(a_s - a_{s+1}) \dots (a_s - a_r)} (x_0 - x_1)^{a_s},$$

nella quale le  $A$  sono costanti arbitrarie (tranne  $A_1 = 1$ ) da determinarsi con le condizioni limiti del problema, come vedremo.

Ricordando che nel sistema di regolazione allo studio la  $x_0$  può valere uno o zero a seconda che il relè consente, o no, l'alimentazione, dalla (13) si possono ricavare, per l'arbitrarietà delle costanti, due sistemi di equazioni del tipo:

$$(14) \quad x_r = 1 - A_r (1 - x_1)^{a_r} + \sum_{s=1}^{r-1} (-1)^{r-1+s} \cdot A_s \frac{a_{s+1} \dots a_r}{(a_s - a_{s+1}) \dots (a_s - a_r)} (1 - x_1)^{a_s}$$

(sistema alimentato;  $A_1 = 1$ )

$$(15) \quad x_r = B_r x_1^{a_r} - \sum_{s=1}^{r-1} (-1)^{r-1+s} \cdot B_s \frac{a_{s+1} \dots a_r}{(a_s - a_{s+1}) \dots (a_s - a_r)} x_1^{a_s}$$

(sistema non alimentato;  $B_1 = 1$ ).

Per individuare il funzionamento a regime del sistema in corrispondenza a due prefissati valori massimo  $(x_{1M})$  e minimo  $(x_{1m})$  di  $x_1$  si scrivono in base alle (14) e (15)



le  $2 \cdot (n - 1)$  equazioni con  $2(n - 1)$  incognite ( $A$  e  $B$ ) ottenute eguagliando di volta in volta le (14) alle (15) per  $x_1 = x_{1M}$  e per  $x_1 = x_{1m}$ .

Tale procedimento trova ovvia giustificazione in quanto, a regime raggiunto, le (14) e (15) devono fornire gli stessi valori di ( $x_r$ ) alle due estremità del ciclo di funzionamento.

La risoluzione del sistema consente la determinazione delle costanti  $A$  e  $B$  e quindi dell'effettivo andamento della grandezza di uscita dell'ultimo blocco ( $x_n$ ) in funzione della grandezza di uscita dal primo ( $x_1$ ) che si ammette variare tra  $x_{1m}$  e  $x_{1M}$ .

Determinate le  $A$  e  $B$ , la (15) o la (14) valutate per  $x_1 = x_{1m}$  e  $x_1 = x_{1M}$  forniscono due valori di  $x_n$  la cui differenza dà quella che dovrebbe essere la zona morta del relè, affinché si abbia un funzionamento del sistema di regolazione coincidente con quello ipotizzato. Se la zona morta non coincide con quella del relè si itera il procedimento con altri due valori di  $x_{1m}$  e  $x_{1M}$  fino a che sia determinabile il funzionamento del sistema per interpolazione grafica.

È quindi infine possibile tracciare il ciclo di funzionamento del sistema, che risulta del tipo rappresentato in fig. 6 dalla quale, come si vede, è possibile anche de-

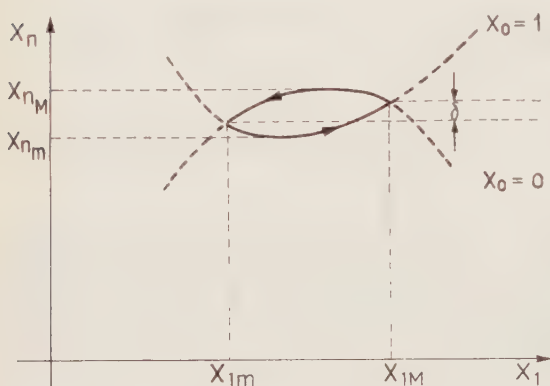


Fig. 6. — Andamento della grandezza di uscita ( $x_n$ ) in funzione della grandezza di entrata del secondo blocco ( $x_1$ ) di un sistema a  $n$  blocchi con relè di zona morta  $\delta$ .

terminare l'ampiezza delle oscillazioni della funzione di uscita e, in base ai valori di  $x_{1m}$  e  $x_{1M}$  i tempi di lavoro e di riposo del relè, secondo quanto riportato alla fine del paragrafo precedente (fig. 5).

#### ESEMPIO DI APPLICAZIONE AL CASO DI SERVOSISTEMA A DUE BLOCCHI.

Trarre delle conclusioni quantitative di carattere generale mediante i procedimenti illustrati, risulta molto complesso, mentre è agevole lo studio di casi particolari quando il sistema di regolazione è composto da un numero limitato di blocchi.

Si è ritenuto di una certa utilità sviluppare in modo completo il caso di servosistema a relè a due blocchi, che più spesso si incontra nei casi pratici, potendosi molte volte oltretutto, ricondurre sistemi più complessi e schemi equivalenti a due blocchi.

I sistemi (14) e (15) si riducono in tal caso a:

$$(16) \quad x_2 = 1 - A_2 (1 - x_1)^{a_2} + \frac{a_2}{1 - a_2} (1 - x_1);$$

$$(17) \quad x_2 = B_2 x_1^{\frac{a_2}{1 - a_2}} - \frac{\alpha_2}{1 - \alpha_2} x_1.$$

La determinazione di  $A_2$  e  $B_2$  effettuata secondo quanto sopradetto dà

$$(18) \quad A_2 = - \frac{\frac{1}{1 - a_2} (x_{1M}^{a_2} - x_{1m}^{a_2})}{\left[ x_{1M}^{a_2} \left( 1 - x_{1m} \right)^{a_2} - x_{1m}^{a_2} \left( 1 - x_{1M} \right)^{a_2} \right]}.$$

$$(19) \quad B_2 = \frac{\frac{1}{1 - a_2} \left[ \left( 1 - x_{1M} \right)^{a_2} - \left( 1 - x_{1m} \right)^{a_2} \right]}{x_{1M}^{a_2} \left( 1 - x_{1m} \right)^{a_2} - x_{1m}^{a_2} \left( 1 - x_{1M} \right)^{a_2}}.$$

Si potrebbe procedere da questo punto, seguendo le linee indicate nella trattazione generale; in questo caso peraltro è possibile individuare i valori delle costanti anziché come suddetto, anche in funzione dei valori massimo e minimo delle grandezze di uscita: ciò risulta di indubbia utilità in vista delle conclusioni che ci si propone di trarre.

Derivando infatti la (17) rispetto ad  $x_1$  ed eguagliando la derivata a zero è possibile valutare il valore di  $x_1$  (incognita la  $B_2$ ) che rende massima la  $x_2$ . Rientrando con detto valore nella (17) si determina il valore di  $B_2$  in funzione di  $x_{2M}$ ; si ottiene

$$(20) \quad B_2 = \frac{1}{1 - a_2} \cdot x_{2M}^{1 - a_2}.$$

Con procedimento analogo nella (16) si determina:

$$(21) \quad A_2 = \frac{1}{1 - a_2} \cdot (1 - x_{2m})^{1 - a_2}.$$

È possibile ora mediante le (16), (17), (20), (21) riconoscere che il valore di  $x_1$  che rende minimo (massimo)  $x_2$  vale proprio  $x_{2min}(x_{2M})$ , come d'altro canto si ricava immediatamente anche dalla (12) scritta per  $r = 2$ ,  $x_0 = 1$  ( $x_0 = 0$ ); se si traccia quindi qualitativamente l'andamento di  $x_2$  in funzione di  $x_1$  lungo un intero ciclo operativo del relè (fig. 17), i punti  $O$ ,  $O'$  di massimo e minimo saranno allineati con l'origine degli assi secondo una retta inclinata di  $45^\circ$ , se le scale scelte per le ordinate e le ascisse sono coincidenti.

Convien ora, per poter valutare quantitativamente in modo sufficientemente preciso l'andamento del ciclo, introdurre un sistema di riferimento per cui le ordinate e le ascisse dei punti del ciclo, abbiano l'ordine di grandezza delle variazioni che esse subiscono lungo il ciclo stesso.

Nella fig. 7 si sono messe quindi in evidenza le coordinate ( $\Delta x_{1p}$ ,  $\Delta x_{2p}$ ) di un punto generico  $P$  della curva

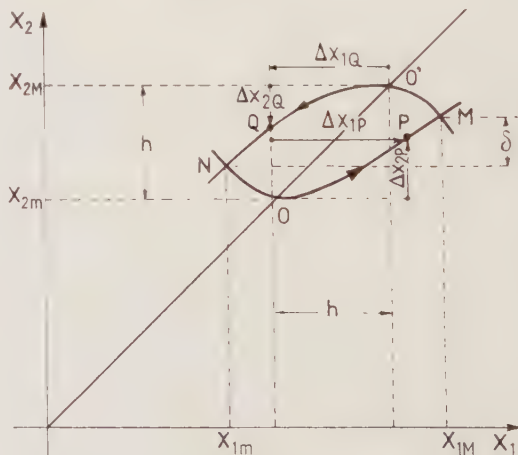


Fig. 7. — Andamento della grandezza di uscita ( $x_2$ ) in funzione della grandezza di entrata del secondo blocco ( $x_1$ ) di un sistema a due blocchi con relè di zona morta  $\delta$ .

inferiore del ciclo rispetto ad un sistema cartesiano per  $O$  di coordinate  $(x_{2min}, x_{2min})$ ; analogamente si è fatto per un punto generico  $Q$  della curva superiore del ciclo in un riferimento cartesiano per  $O'$  di coordinate  $(x_{2max}, x_{2max})$ .

Si ricava facilmente dalle (16), (17), (20), (21)

$$(22) \quad \Delta x_{2P} = -\Delta x_{1P} \frac{a_2}{1-a_2} + \frac{1-x_{2m}}{1-a_2} \left[ 1 - \left( 1 - \frac{\Delta x_{1P}}{1-x_{2m}} \right)^{a_2} \right]$$

$$(23) \quad \Delta x_{2Q} = -\Delta x_{1Q} \frac{a_2}{1-a_2} - \frac{x_{2M}}{1-a_2} \left[ 1 - \left( 1 + \frac{\Delta x_{1Q}}{x_{2M}} \right)^{a_2} \right]$$

Sviluppando in serie risulta:

$$(24) \quad \Delta x_{2P} = \frac{a_2}{2} \frac{\Delta x_{1P}^2}{(1-x_{2m})} - \frac{a_2(a_2-2)}{2 \cdot 3} \frac{\Delta x_{1P}^3}{(1-x_{2m})^2} + \frac{a_2(a_2-2)(a_2-3)}{2 \cdot 3 \cdot 4} \frac{\Delta x_{1P}^4}{(1-x_{2m})^3} \dots$$

$$(25) \quad \Delta x_{2Q} = -\frac{a_2}{2} \frac{\Delta x_{1Q}^2}{(x_{2m}+h)} - \frac{a_2(a_2-2)}{2 \cdot 3} \frac{\Delta x_{1Q}^3}{(x_{2m}+h)^2} - \frac{a_2(a_2-2)(a_2-3)}{2 \cdot 3 \cdot 4} \frac{\Delta x_{1Q}^4}{(x_{2m}+h)^3} \dots$$

le quali, come si vede, mantengono intatta la loro validità anche per  $a_2 = 1$ .

Utilizzando le (24) e (25) è stato possibile tracciare i diagrammi della tabella I con i quali si valuta il rapporto  $(h/\delta)$  tra lo scarto percentuale massimo della grandezza d'uscita e la zona morta percentuale del relè per diversi valori della zona morta stessa, del rapporto tra le costanti di tempo dei due blocchi ( $a_2 = T_1/T_2$ ) e del valore percentuale attorno al quale si esegue la regolazione ( $x_{20}$ ). È opportuno sottolineare ancora che i valori sono riferiti a quelli di regime con alimentazione inserita.

In base alle relazioni quantitative che si sono individuate è possibile inoltre determinare i valori relativi dei tempi di lavoro ( $\tau_L$ ) e di riposo ( $\tau_R$ ) e quindi del periodo ( $\tau_0$ ) del regime periodico di funzionamento.

I risultati si sono raccolti nella tabella II, nella quale è possibile valutare i periodi di funzionamento in fun-

zione dei vari parametri del sistema. I valori dei tempi di lavoro e di riposo del relè, ricordando che il valore

$$\text{relativo medio} \quad \left( \frac{\tau_L}{\tau_R + \tau_L} = \frac{\tau_L}{\tau_0} \right)$$

della grandezza di alimentazione coincide con il valore relativo medio ( $\approx x_{20}$ ) della grandezza di uscita, si possono ricavare immediatamente dalle:

$$\tau_L = x_{20} \tau_0,$$

$$\tau_R = (1 - x_{20}) \tau_0.$$

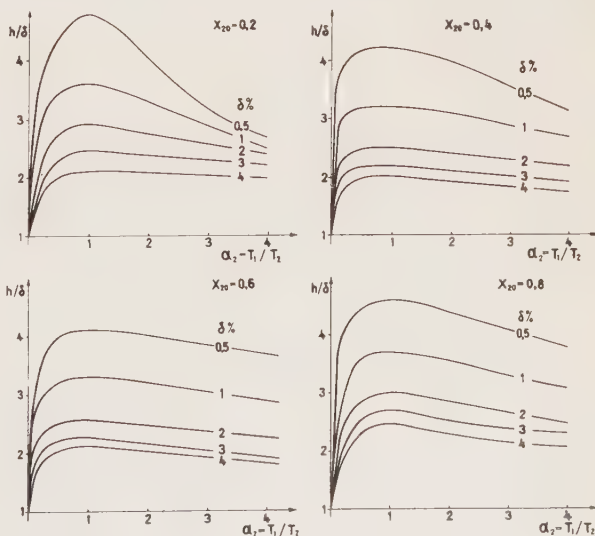
#### RILIEVI SPERIMENTALI.

Questi sono stati condotti su circuiti elettrici del tipo rappresentato in fig. 8: i due blocchi sono costituiti da due circuiti integratori semplici del tipo RC realizzati in modo da rendere verificate le ipotesi semplificative introdotte nello studio ( $i_2 \ll i_1$ ) e con componenti variabili in modo da realizzare diversi rapporti tra le costanti di tempo; il relè di ingresso  $S$  è alimentato da un oscillatore a frequenza variabile ed il rapporto tra il tempo di lavoro e di riposo è controllato agendo sulla polarizzazione del relè.



Fig. 9. — Rilievo oscillografico eseguito sul circuito di fig. 8; alle placche orizzontali è applicata la grandezza  $x_1$  e alle verticali la  $x_2$ .

Le tensioni ai capi dei condensatori  $C_1$  e  $C_2$  sono state riportate rispettivamente alle placche orizzontali e verticali di un oscilloscopio a raggi catodici e si sono ottenute registrazioni del tipo riportato in fig. 9, sulle quali



Tav. I. — Andamenti del rapporto  $(h/\delta)$  tra l'ampiezza massima dell'oscillazione e la zona morta del relè in funzione del rapporto  $(\alpha)$  tra le costanti di tempo per diversi valori della zona morta  $(\delta)$  e del valore medio  $(x_{20})$  della grandezza regolata.

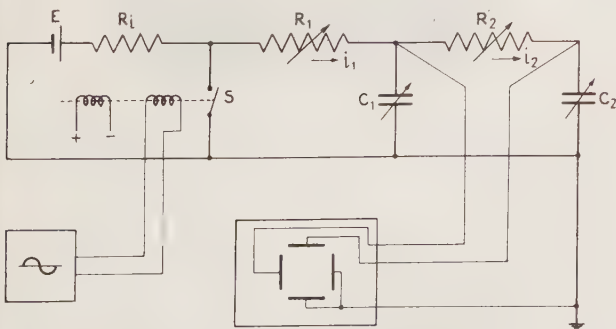


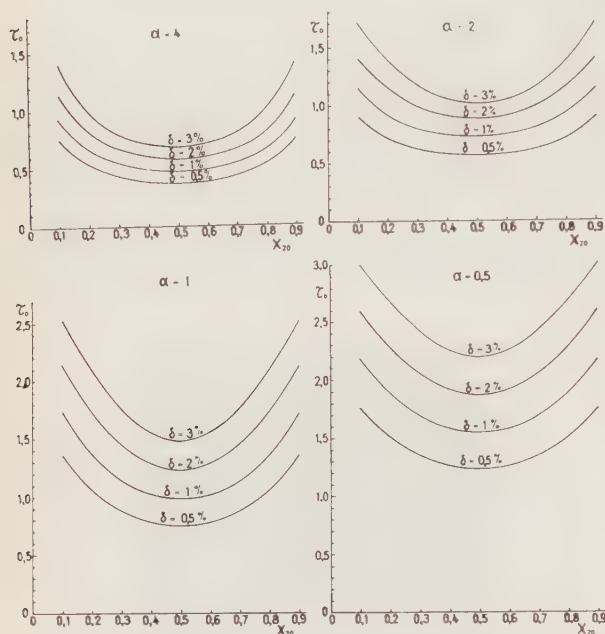
Fig. 8. — Rappresentazione schematica di un circuito utilizzato per i rilievi sperimentali.



è stato possibile determinare il valore dello scarto massimo  $h$ , e della zona morta ( $\delta$ ) nell'intorno di un valore di uscita medio ( $x_{20}$ ) per fissati valori di

$$\alpha_2 = \frac{T_1}{T_2} = \frac{R_1 C_1}{R_2 C_2}.$$

Con tale dispositivo sperimentale si è potuta verificare l'attendibilità dei risultati forniti dalla teoria e riassunti nelle tabelle I e II.



Tav. II. — Valori del rapporto ( $\alpha = T_0/T_1$ ) tra il periodo di oscillazione e la costante di tempo  $T_1$  in funzione del valore della grandezza regolata per diversi valori della zona morta del relè ( $\delta$ ) e del rapporto ( $\alpha$ ) tra le costanti di tempo.

La validità delle conclusioni raggiunte per via teorica è stata confermata anche in una applicazione pratica di servosistema a relè: si tratta di un regolatore di tensione a relè e trasduttore magnetico per macchine rotanti di media potenza secondo uno schema di principio riportato in fig. 10.

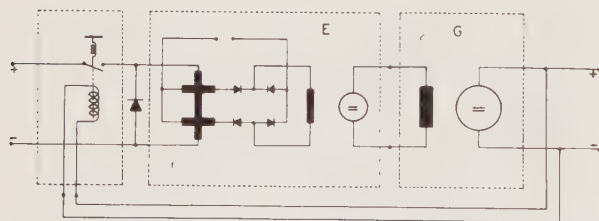


Fig. 10. — Rappresentazione schematica di regolatore di tensione a relè ed amplificatore magnetico.

In questa semplice catena di regolazione si individuano facilmente i due blocchi le cui costanti di tempo sono di abbastanza facile determinazione: la costante  $T_2$  infatti è quella del circuito costituito dall'indotto della eccitatrice ( $E$ ) e dell'induttore della macchina ( $G$ ) principale, mentre  $T_1$  è la costante di tempo di intervento dell'amplificatore magnetico chiuso sull'induttore dell'eccitatrice; in realtà la non linearità dei fenomeni in gioco in questo settore della catena di regolazione non permette-

rebbe la definizione di una costante di tempo nel modo usuale, ma rilievi oscillografici (fig. 11 *a* e *b*) della corrente di eccitazione di  $E$  eseguiti in chiusura ed apertura del relè hanno permesso di individuare, agli enietti pratici, una costante di tempo equivalente.

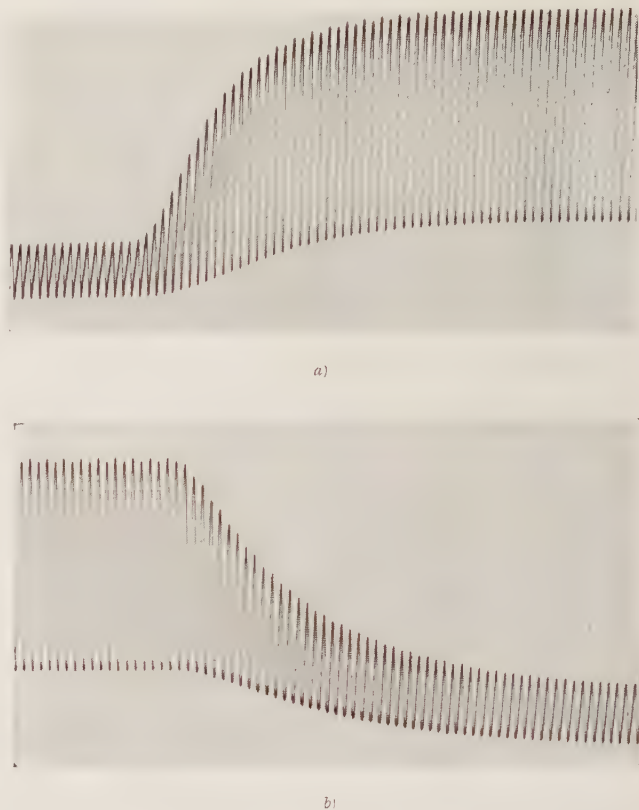


Fig. 11. — Andamento nel tempo della corrente di eccitazione dell'eccitatrice  $E$  (fig. 10) all'attacco (11 *a*) e al distacco (11 *b*) del relè.

Sono state portate alle placche di un oscilloscopio la tensione di uscita del generatore ( $G$ ) e la tensione della eccitatrice che, come si comprende facilmente, costituiscono, rapportate ai valori di regime, le grandezze  $x_2$  e  $x_1$  della trattazione generale: si sono ottenuti cicli di funzionamento del tipo riportato in fig. 12, che hanno per-



Fig. 12. — Rilievo oscillografico eseguito sul circuito di fig. 10: alle placche orizzontali è applicata la tensione generata dall'eccitatrice ( $x_1$ ) e alle verticali la tensione di uscita ( $x_2$ ).

messo deduzioni quantitative confermantì ancora quanto esposto in via teorica.

Dallo schema di principio di fig. 10 si è passati alla realizzazione industriale (fig. 13) di un regolatore di tensione per macchine di media potenza con scarti di regolazione dell'ordine dell'1÷2 %.

# CONCLUSIONI.

Lo studio che si è condotto per via grafica, analitica e sperimentale del regime periodico di funzionamento di un servosistema a relè costituito da più elementi inte-

gratori semplici permette di determinare, accanto al periodo di funzionamento e ai tempi di lavoro e di riposo del relè gli scarti massimi della grandezza regolata in relazione alle caratteristiche del relè, alle costanti di tempo del sistema e al valore medio della grandezza stessa; lo sviluppo quantitativo nel caso (che in pratica si presenta spesso) di due costanti di tempo, permette inoltre la agevole determinazione dei parametri in gioco per un rapido orientamento sul relè da scegliere per conseguire assegnate caratteristiche della regolazione.

Si ringraziano vivamente i professori G. Someda e C. Di Pieri per l'interesse con cui hanno seguito lo sviluppo di questo lavoro.

Manoscritto pervenuto il 17 novembre 1959.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] D. A. KAHN: *Analysis of relay servomechanisms*. - «Trans. AIEE», II, 1949, pag. 1079.
- [2] R. J. KOCHENBURGER: *A frequency response method for analyzing and synthesizing contactor servom.* - «Trans. AIEE», I, 1950, pag. 271.
- [3] J. R. DUTILH: *Théorie des servomécanismes à relais*. - «L'onde électrique», 1950, pag. 438.
- [4] R. E. KALMAN: *Phase plane analysis of automatic control systems with non linear gain elements*. - «Trans. AIEE», II, 1954, pag. 383.
- [5] J. E. HART: *An analytical method for the design of relais servomechanisms*. - «Trans. AIEE», II, 1955, pag. 83.
- [6] G. FARMANFARMA: *General analysis and stability study of finite pulsed Feedback systems*. - «Trans. AIEE», II, 1958, pag. 149.

Fig. 13. — Regolatore di tensione a relè ed amplificatore magnetico.



# L'INDUTTORE DI BLOCCO DEL CIRCUITO DI ALIMENTAZIONE DEL MAGNETE DEL SINCROTRONE ITALIANO DA 1000 MeV

R. MARENESI - G. SACERDOTI - R. TOSCHI (\*)

Il magnete del sincrotrone italiano da 1000 MeV è alimentato da correnti continua ed alternata sovrapposte. In serie all'alimentazione a corrente continua si è posto un circuito antirisonante che blocca la corrente alternata. L'induttore di blocco risulta percorso da una corrente continua di 2715 A e soggetto ad una tensione alternata di 4615 V.

Nella presente nota si descrive il progetto di questo induttore. Dopo aver accennato ai criteri in base ai quali si è fissato il valore dell'induttanza, si giustifica il tipo di costruzione prescelto, senza ferro. Si forniscono poi i dati costruttivi illustrando i problemi incontrati e risolti.

## 1. - GENERALITÀ.

Il magnete di un sincrotrone deve, come è noto, produrre nel traferro un campo magnetico atto ad esercitare la voluta azione centripeta sugli elettroni. A questo scopo la induzione deve avere una opportuna distribuzione radiale (che si ottiene agendo sulla forma del traferro) ed un determinato andamento temporale. Nel caso del sincrotrone italiano da 1000 MeV <sup>(1)</sup> l'andamento nel tempo del flusso  $\Phi_t$  nel traferro risulta dal diagramma di fig. 1;

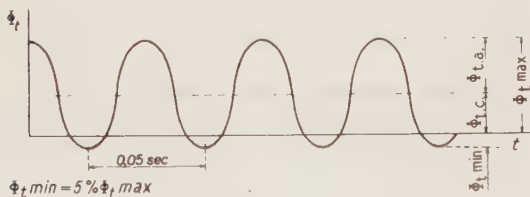


Fig. 1. — Andamento del flusso nel traferro del magnete.

esso è la somma di un termine costante  $\Phi_{tc}$  e di uno sinusoidale  $\Phi_{ta}$  alla frequenza di 20 p/s. Il valore massimo negativo deve essere circa il 5 % del massimo positivo. Ciò comporta che il termine sinusoidale deve avere una ampiezza superiore del 10 % a quello continuo.

Data la preponderante riluttanza del traferro è lecito affermare che anche la corrente di eccitazione del magnete ha un andamento simile.

In particolare si ha:

Componente continua della corrente . . . . .	2715 A
Ampiezza della corrente alternata . . . . .	3015 A
Valore efficace della corrente alternata . . . . .	2135 A

L'induttanza del magnete è di 17,2 mH, il che comporta, alla frequenza di 20 p/s, una tensione alternata, ai capi del magnete, di 4615 V efficaci.

(\*) Prof. ing. R. MARENESI dell'Istituto Elettrotecnico Nazionale «G. Ferraris» di Torino Dr. ing. G. SACERDOTI e Dr. ing. R. TOSCHI dei Laboratori di Frascati del C.N.R.N.

<sup>(1)</sup> Vedi G. SALVINI: *The project of the italian electron synchrotron*. «Nuovo Cimento» 1955.

L'alimentazione della bobina di eccitazione del magnete con intensità di corrente continua ed alternata dei valori sopra specificati, non è di semplice attuazione. Tra le diverse soluzioni possibili si è scelta quella rappresentata nel circuito di fig. 2: come appare, la bobina  $M$  del magnete è alimentata con due distinti generatori di corrente alternata e continua.

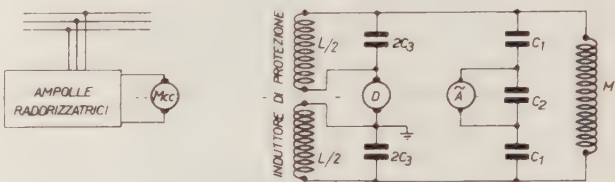


Fig. 2. — Circuito di alimentazione del magnete.

L'alternatore  $A$  fornisce, alla frequenza di 20 p/s, solo la potenza reale dissipata nel circuito. La potenza reattiva viene infatti ottenuta con il banco di condensatori  $C_1$  e  $C_2$ .

La dinamo  $D$  fornisce la corrente continua. I condensatori  $C_1$  impediscono la circolazione di questa corrente nell'alternatore. Onde evitare che la dinamo ponga praticamente in corto circuito il sistema risonante condensatori-magnete, è necessario un circuito antirisonante alla frequenza di 20 p/s, in serie ad essa. Questo è composto dalla batteria di condensatori  $C_3$  e dall'induttore  $L$ .

L'induttore  $L$  risulta dunque soggetto ad una tensione alternata di 4615 V e percorso da una corrente continua di 2715 A. È evidente che la sua realizzazione pone dei problemi di progetto e collaudo non del tutto comuni e di un certo interesse. Si ritiene perciò non inutile riferirne in questa nota; l'induttore è stato costruito dalle Officine Elettriche Ansaldo S. Giorgio in base ad un progetto dovuto essenzialmente al prof. G. Somenza, cui gli Autori hanno prestato la loro collaborazione.

## 2. - SPECIFICAZIONE E CRITERI DI DIMENSIONAMENTO.

Come si è già riferito, i dati relativi all'induttore sono i seguenti:

Componente continua della corrente . . . . .	2715 A
Valore efficace della tensione alternata . . . . .	4615 V

Il valore di  $L$  va determinato in base a criteri di costo del totale circuito antirisonante, ovviamente considerando anche le spese di installazione, il consumo di energia, la minor vita probabile dei condensatori rispetto all'induttore ecc. Si può però affermare che l'incidenza fondamentale è quella del costo di costruzione.

Si può allora procedere come segue: il circuito  $L, C$  deve risonare alla frequenza di 20 p/s e dunque deve essere:

(1) 
$$L \times C = \frac{1}{\omega^2} = 6,35 \times 10^{-5}.$$

Il costo  $P$  del circuito è dato dalla somma dei costi  $P_1$  dei condensatori e  $P_2$  dell'induttore.  $P_1$  può essere fissato in prima approssimazione pari a:

$$(2) \quad P_1 = 30 \times 10^3 \times C \text{ milioni di lire}$$

dove  $C$  è espresso in farad. Tale valore tiene conto della tensione di esercizio del banco dei condensatori.

Il costo  $P_2$  dell'induttore si può valutare tenendo conto che esso è in prima approssimazione proporzionale al suo peso e questo è proporzionale alla terza potenza delle dimensioni lineari.

Il valore dell'induttanza, invece, una volta fissata la forma dell'induttore, è proporzionale al prodotto delle dimensioni lineari per il quadrato del numero delle spire. Ma, come si potrà constatare, la corrente alternata che circola nell'induttore, il cui valore dipende da  $L$ , è tale da non modificare apprezzabilmente il valore efficace della corrente totale, che dipende dunque essenzialmente dalla componente continua. Si può così supporre che al variare di  $L$  e di  $N$  non si modifichi la sezione dei conduttori, rimanendo inalterata la densità di corrente.

Se ne deduce che il valore di  $L$  è proporzionale alla quinta potenza delle dimensioni lineari. Si ha così, se  $d$  è una dimensione lineare:

$$P_2 \equiv d^3$$

$$L \equiv d^5$$

da cui:

$$P_2 \equiv L^{0,6}$$

Da alcuni progetti eseguiti si può, con larga approssimazione, fissare il valore della costante di proporzionalità e scrivere:

$$(3) \quad P_2 = 333 L^{0,6} \text{ milioni di lire}$$

dove  $L$  è espresso in Henry.

Il costo totale del circuito antirisonante diviene:

$$(4) \quad P = 30 \times 10^3 C + 333 L^{0,6} \text{ milioni di lire.}$$

Dalla (1) e dalla (4) si ha ancora:

$$(5) \quad P = 30 \times 10^3 \times \frac{6,35 \times 10^{-5}}{L} + 333 L^{0,6} \text{ milioni di lire}$$

Il valore della induttanza che rende minimo il costo è fornito dalla equazione ottenuta uguagliando a zero la derivata di  $P$  rispetto ad  $L$ :

$$(6) \quad -\frac{1,9}{L^2} + 200 L^{-0,4} = 0$$

da cui:

$$L = 54 \times 10^{-3} \text{ H.}$$

Come si vede nella fig. 3, in cui è riportato il costo  $P$  al variare di  $L$ , il minimo della curva risulta sufficientemente acuto, si da poter fissare il valore di  $L$  in base a questo criterio.

Fissato il valore dell'induttanza a  $54 \times 10^{-3} \text{ H}$ , che è pari a circa tre volte quello dell'induttanza del magnete, si ottengono i seguenti valori delle correnti:

Corrente continua . . . . .	2715 A
Corrente alternata (valore efficace) . . . . .	680 A
Corrente totale (valore efficace) . . . . .	2800 A
Corrente massima . . . . .	3675 A
Corrente minima . . . . .	1755 A

La massima energia che viene immagazzinata dall'induttore risulta espressa dalla:

$$W = 1/2 L I^2_M = 365 \text{ 000 J.}$$

È interessante osservare che le correnti alternate nell'induttore e nel magnete hanno fase opposta, con riferimento al verso della corrente continua. Ciò fa sì che nell'istante in cui è massima l'energia del magnete, essa è minima nell'induttore e viceversa. In questi istanti, di massima corrente alternata, è nulla la tensione alternata e dunque nulla l'energia immagazzinata in tutti i condensatori. Si può concludere che si ha uno scambio di energia tra il magnete e l'induttore: la differenza tra l'energia massima e quella minima immagazzinata dall'induttore è dunque pari all'analoga differenza per il magnete e non dipende così dal valore di  $L$ .

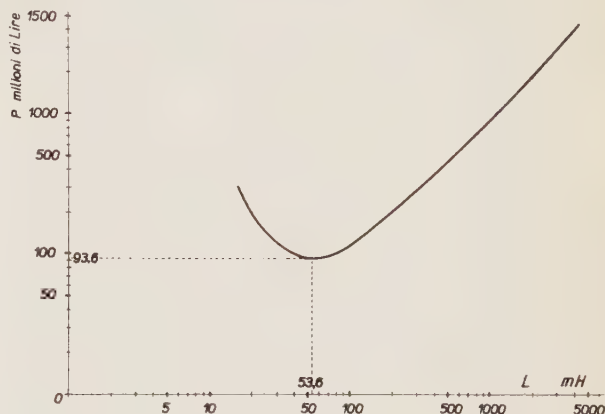


Fig. 3 - Costo del circuito antirisonante in funzione dell'induttanza.

Per il dimensionamento dell'induttore è possibile pensare ad una soluzione in ferro (con traferro), o totalmente in aria; in sede di progetto sono state infatti sviluppate entrambe, traendo però la conclusione di una netta convenienza per quella in aria. Di ciò ci si può rendere facilmente conto in base alle seguenti considerazioni: nel caso in cui l'induttore abbia il nucleo di ferro, trascurando in prima approssimazione l'energia immagazzinata nel ferro, è facile valutare il volume di intraferro necessario. Si ha infatti:

$$(7) \quad W = \frac{1}{2} \frac{B_{max}^2}{\mu_0} v$$

dove:

$B_{max}$  = valore massimo dell'induzione magnetica  
 $v$  = volume dell'intraferro

Ponendo:

$$W = 365 \text{ 000 J}$$

$$B_{max} = 1,4 \text{ Wb/m}^2$$

si ottiene:

$$v = 0,47 \text{ m}^3.$$

Un tale volume d'aria è così grande da rendere la riluttanza del circuito magnetico con ferro non sufficientemente inferiore a quella con soluzione globalmente in aria, per giustificare l'uso del ferro.

Da alcune valutazioni fatte, si è potuto concludere che la soluzione in aria comporta un numero di spire circa 1,4 volte maggiore che col ferro e dunque un maggior peso di rame; ma, in totale, un risparmio di costo di circa il 30 % e di peso di circa il 60 %. A ciò va aggiunta una riduzione delle perdite per l'assenza di quelle nel ferro, con minori consumi di energia e più economici mezzi di raffreddamento; ed, infine, la costanza dell'induttanza, che è un fattore importante poiché l'induttore



la parte di un circuito risonante ad alto coefficiente di qualità. D'altro lato, la soluzione in aria ha imposto, come sarà detto nei successivi paragrafi, di studiare gli avvolgimenti in modo da ridurre a valori accettabili le correnti parassite e di circolazione dovute agli elevati valori dell'induzione che investe i conduttori ed alla disuniforme distribuzione del flusso non più guidato.

A causa degli elevati valori del flusso disperso è stato anche necessario tenere l'induttore lontano da apparecchi di misura che siano influenzati dalla presenza del campo magnetico; si è così ritenuto opportuno disporre l'induttore fuori della sala esperienze del sincrotrone, a circa 20 m dalla zona utile per le misure. Si noti anche che gli elevati flussi dispersi impongono di allontanare dal solenoide eventuali piastre o pareti metalliche per evitare perdite addizionali per correnti parassite.

### 3. - PROGETTO DI MASSIMA.

Si è dunque deciso di realizzare l'induttore senza ferro, totalmente in aria.

Il dimensionamento definitivo dell'induttore è stato il risultato di una serie di tentativi effettuati fissando arbitrariamente alcuni parametri e verificando il progetto che ne derivava: così, ad esempio, fissata la densità di corrente, occorre poi valutare le perdite, le superfici raffreddate, i mezzi più idonei ad un efficace raffreddamento; la scelta della sezione delle piattine è legata alla verifica delle perdite addizionali; la forma dell'induttore e il numero delle spire debbono soddisfare alla condizione di ottenere il voluto valore dell'induttanza con il minimo peso di rame, ecc. Dati i molti problemi che occorre risolvere ed il costo non indifferente dell'induttore, si è ricorsi anche alla costruzione di qualche modello per eseguire le opportune modifiche e verifiche. Qui si forniranno solo la traccia del progetto ed i dati definitivi accennando via via ai problemi incontrati ed alle verifiche effettuate.

La corrente efficace risultante è, come si è detto, di 2800 A. Fissata una densità di corrente di 1,5 A/mm<sup>2</sup>, quale è quella normalmente prevista per trasformatori a raffreddamento con aria forzata, risulta una sezione di rame, somma delle sezioni dei circuiti in parallelo, di 1870 mm<sup>2</sup>. Non tutti i conduttori in parallelo sono stati dimensionati con uguale sezione, ma un primo calcolo approssimato può farsi fissando la sezione di ciascun conduttore pari a  $4 \times 18 = 72$  mm<sup>2</sup>.

Il lato lungo della sezione della piattina verrà disposto nel senso assiale dell'induttore per ridurre le perdite addizionali. Il numero di conduttori in parallelo risulta così:

$$\frac{1870}{72} = 26.$$

Si è ritenuto di realizzare l'induttore come schizzato in fig. 4 con 52 bobine a disco, coassiali. Le 26 bobine della metà superiore sono tra loro in parallelo e così pure quelle della metà inferiore: la metà superiore è poi posta in serie con quella inferiore attraverso il generatore a corrente continua: questa disposizione è stata adottata per ridurre la massima tensione verso terra dell'impianto. Le bobine sono opportunamente distanziate per permettere all'aria di raffreddamento di fluire radialmente tra bobina e bobina.

Il numero di spire va fissato in funzione del valore di  $L$  desiderato e ciò è possibile mediante formule approssimate fornite da diversi autori. In particolare possono essere usate quelle di Korndorfer che sono assai semplici e, come si è potuto verificare anche su modello, forniscono valori sufficientemente in accordo con i valori reali, con approssimazioni non inferiori a quelle ottenibili con altre formule, più laboriose. Esse sono:

a) per  $D/U = 0,1$ :

$$(8) \quad L = 10,5 N^2 D \sqrt{(D/U)^3} \times 10^{-6} \text{ mH}$$

b) per  $D/U = 1/3$ :

$$(9) \quad L = 10,5 N^2 D \sqrt{D/U} \times 10^{-6} \text{ mH}$$

dove:

$N$  = numero di spire tra loro in serie (nel caso in oggetto è il doppio del numero di spire di una bobina);

$U = 2(a + r)$  in cm

$D$  = diametro medio in cm

$a$  = altezza in cm

$r$  = spessore radiale in cm.

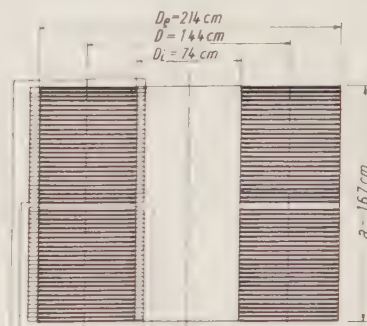


Fig. 4. — Schizzo dell'induttore.

Dopo qualche tentativo è risultato:

$N = 284$  (numero di spire per bobina = 142)

$D_i = 74$  cm

$D_e = 214$  »

$D = 144$  »

$r = 70$  »

$a = 131$  »

In realtà la lunghezza effettiva del solenoide è di 167 cm, a causa dei distanziamenti previsti tra bobina e bobina e tra la metà superiore e quella inferiore. L'altezza effettiva del rame è però 95 cm; si è così ritenuto di porre per  $a$  un valore pari alla media tra l'altezza effettiva e quella del rame.

Risulta così:

$$U = 402 \text{ cm}$$

$$D/U = 0,36$$

da cui infine:

$$L = 56,5 \text{ mH.}$$

Le perdite elettriche nell'induttore si possono dividere in:

a) perdite dovute alla componente continua della corrente;

b) perdite dovute alla componente alternata della corrente.

Le prime sono facilmente valutabili e con i dati nominali risulta:

$$\text{a } 20^\circ\text{C} \quad r = 1,21 \times 10^{-2} \text{ ohm} \quad P_{c.c.} = 89 \text{ kW}$$

$$\text{a } 75^\circ\text{C} \quad r = 1,45 \times 10^{-2} \text{ ohm} \quad P_{c.c.} = 107 \text{ kW.}$$

Per le seconde, di più difficile calcolo, si riferisce nel paragrafo che segue.

#### 3.1. - Perdite in corrente alternata.

Le perdite in corrente alternata non sono solo quelle valutabili in base alla resistenza di ciascuna bobina ed alla totale corrente alternata supposta uniformemente distribuita tra le diverse bobine in parallelo. Occorre infatti

considerare la possibilità di una disuniforme distribuzione della corrente tra le diverse bobine, a causa della diversità dei flussi alternati con esse concatenati. A ciò bisogna aggiungere le perdite addizionali entro ciascun conduttore a causa dell'induzione variabile da cui esso è investito. Il calcolo di queste perdite è oltremodo complesso e praticamente impossibile. D'altro canto, in sede di progetto, era necessario fissare le dimensioni della piastrina per le diverse bobine. Inoltre le perdite risultanti in corrente alternata dovevano essere contenute in limiti prefissati soprattutto perchè queste potevano incidere in modo non trascurabile sulla potenza di dimensionamento dell'alternatore e provocare un eccessivo riscaldamento in alcune spire o bobine dell'avvolgimento.

3.1.1. - *Perdite ohmiche.* — Le perdite ohmiche per corrente alternata sono facilmente calcolabili e risultano, con il valore nominale della corrente:

$$P_{ca} = 6 \text{ kW} \quad \text{a } 20^\circ \text{C}$$

$$P_{ca} = 7 \text{ kW} \quad \text{a } 75^\circ \text{C}$$

3.1.2. - *Perdite per correnti di circolazione.* — Questo tipo di perdite è quello che deriva dalla non uniforme suddivisione della corrente tra le bobine in parallelo. Per ciò che riguarda la componente continua è evidente che risulta necessario che tutte le bobine abbiano la medesima resistenza. Ma ciò non è sufficiente per assicurare la uniforme distribuzione delle correnti alternate. Per convincersi di ciò si supponga che tutte le 52 bobine abbiano uguale numero di spire, come sin qui si è fatto, e risultino percorse dalla medesima corrente alternata.

Dato che il solenoide è corto e di grande sezione, risulta che il flusso concatenato con le diverse bobine va via via riducendosi man mano che ci si sposta assialmente dal centro verso le estremità. È stata rilevata la curva del flusso concatenato ottenuta in prove sperimentali su modello con bobine alimentate in serie. Da essa si è potuto dedurre che le bobine di estremità sono concatenate con un flusso che è circa 60 % di quello concatenato con le bobine centrali. Ogni singola bobina è sede di una f.e.m. indotta proporzionale al flusso e dunque anche le tensioni indotte variano con la medesima legge.

Ma, se le bobine sono alimentate in parallelo, la tensione applicata è la medesima per tutte le bobine. Questa tensione vale 4615 V; se la totale corrente alternata è di 680 A e la resistenza del solenoide di  $1,45 \times 10^{-2}$  ohm, la caduta di tensione dovuta alla resistenza risulta, per ciascuna bobina, di appena 10 V circa, pari al 2,1  $\frac{0}{100}$  della tensione applicata.

Si constata così che le tensioni indotte in ogni singola bobina debbono risultare praticamente uguali tra loro e dunque uguale il flusso concatenato; l'ipotesi di uguale corrente nelle singole bobine non può essere mantenuta.

Il calcolo delle singole correnti è assai laborioso e si mostreranno in appendice i criteri secondo i quali esso potrà essere svolto. Esso richiede, nel caso in esame, la soluzione di un sistema di 26 equazioni algebriche del primo ordine in 26 incognite. È evidente che la soluzione di questo sistema è praticamente possibile solo con l'uso di una macchina calcolatrice numerica; e ciò si è fatto. Tuttavia la soluzione ottenuta non può che fornire valori solo indicativi sia per le approssimazioni introdotte nella impostazione delle equazioni, sia per la difficoltà di prevedere le esatte distanze tra le bobine, a costruzione ultimata.

Si possono intuire i risultati forniti dalla calcolatrice mediante le seguenti considerazioni di grossolana approssimazione. Si può applicare il principio di sovrapposizione degli effetti, scomponendo la corrente in ogni singola bobina nella somma di quella che si avrebbe nella ipotesi di una ripartizione uniforme e di una corrente di circolazione. La corrente uniforme crea una distribuzione di flusso che è quella che si otterrebbe con bobine in serie. La differenza delle f.e.m. così indotte nelle singole bobine produce le correnti di circolazione. Si considerino

due bobine adiacenti; la differenza tra le f.e.m. in esse indotte produce una corrente di circolazione tra le due bobine. Questa corrente è limitata dalla reattanza offerta dalle due bobine in serie opposta e dalla loro resistenza. La reattanza è dunque dovuta ai soli flussi dispersi che non si concatenano con entrambe le bobine. Si intuisce che questi flussi dispersi sono, data una certa corrente, assai modesti rispetto al flusso principale dovuto a tutte le bobine in parallelo. D'altro lato anche la resistenza è assai modesta essendo la sezione di rame dimensionata per la corrente continua che è molto più elevata dalla alternata.

Ne discende che le correnti di circolazione possono assumere valori molto elevati, anche maggiori della corrente alternata che si avrebbe con una ripartizione uniforme. Il fenomeno è tanto più vistoso quanto maggiore è il numero delle bobine perchè percentualmente più elevato è il flusso principale rispetto a quello disperso.

Si presenta dunque la necessità di ridurre a valori sufficientemente modesti queste correnti.

Si è tentato di risolvere il problema connettendo in serie ed in parallelo le bobine in modi diversi; per ogni tipo di connessione si sono calcolate le correnti di circolazione risolvendo le corrispondenti equazioni con la macchina calcolatrice, ottenendo però risultati insoddisfacenti.

La soluzione che infine si è adottata è quella di costruire le singole bobine con numero di spire via via crescente dalla zona centrale verso le estremità; ciò consente, al limite, una ripartizione uniforme delle correnti, essendo uguali le tensioni indotte solo perchè è variato il numero delle spire.

Occorre però che le bobine con maggior numero di spire abbiano anche maggiore sezione onde ottenere resistenze pressochè uguali e così una uniforme ripartizione della corrente continua. Il numero di spire di ciascuna bobina è stato fissato in sede di progetto mediante prove su modello, ma, data la difficoltà di prevedere esattamente le condizioni a costruzione finita, si è cercato di realizzare il solenoide in modo da poter facilmente aggiungere o togliere qualche spira alle singole bobine, in sede di collaudo. Pur con gli artifici appena descritti, le prove su modello hanno mostrato come sia difficile raggiungere una equilibratura perfetta delle correnti.

Per una generica bobina  $s$ -esima siano rispettivamente  $I$  ed  $I_{cs}$  la corrente alternata uniforme e di circolazione. Le perdite nella bobina  $s$ -esima dipendono dal valore efficace della corrente risultante  $I_s$ ; si ha:

$$(10) \quad I_s^2 = I^2 + I_{cs}^2 + 2 I I_{cs} \cos \alpha_s$$

dove  $\alpha_s$  è l'angolo di sfasamento tra  $I$  ed  $I_{cs}$ . La sovratemperatura raggiunta dalla bobina  $s$ -esima dipende dunque anche dall'angolo  $\alpha_s$  ed essa è massima per  $\alpha_s = 0$ ; ciò accade se l'impedenza offerta alla corrente di circolazione è essenzialmente reattiva, come quella offerta alla corrente  $I$ .

Da quanto più sopra detto riguardo alle modeste cadute ohmiche, considerando anche che col rendere diverso il numero delle spire delle singole bobine si aumenta fortemente la reattanza offerta alle correnti di circolazione, si può affermare che è opportuno e prudentiale supporre  $\alpha_s = 0$ . Le prove eseguite a induttore finito, pur mostrando che la resistenza non è del tutto trascurabile, hanno poi confermato che l'impedenza offerta alle correnti di circolazione è essenzialmente reattiva.

Supponendo così che la corrente di circolazione possa raggiungere in una bobina un valore pari a quello della corrente uniforme e che sia con essa in fase, le perdite in corrente alternata divengono quattro volte più elevate che con la sola corrente uniforme. Agli effetti del sovrariscaldamento occorre però osservare che esso è dovuto essenzialmente alle perdite per corrente continua: una corrente di circolazione pari alla corrente alternata uniforme provoca, infatti, un aumento della potenza perduta, e dunque della temperatura, solo del 18 % circa.



Per il calcolo delle perdite in tutto il solenoide occorre fare la somma delle perdite in tutte le  $N$  bobine. Si ha:

$$(11) \quad \sum_1^N (I_s^2 + I_{cs}^2 + 2 I I_{cs} \cos \alpha_s) = \\ = N I^2 + \sum_1^N I_{cs}^2 + 2 I \sum_1^N I_{cs} \cos \alpha_s.$$

La somma vettoriale delle  $N$  correnti di circolazione è evidentemente nulla. Se allora si fa l'ipotesi che l'angolo  $\alpha_s$  abbia il medesimo valore assoluto per tutte le  $N$  bobine, ci si convince facilmente che l'ultimo termine della (11) è sempre nullo.

Il rapporto  $\sigma$  tra la potenza perduta in presenza delle correnti di circolazione e quella in assenza di esse, risulta così:

$$(12) \quad \sigma = \frac{I^2 + \frac{1}{N} \sum_1^N I_{cs}^2}{I^2} = \frac{I^2 + I_{c\text{eff}}^2}{I^2}$$

dove per  $I_{c\text{eff}}^2$  si intende il valore medio quadratico delle correnti di circolazione nelle  $N$  bobine. Nell'ipotesi che in tutte le bobine sia  $I_{cs} = I$ ,  $\sigma$  risulta uguale a 2 e le perdite per correnti di circolazione divengono pari a 6 kW a 20 °C. Si noti che nell'ipotesi che l'impedenza offerta alle correnti di circolazione sia essenzialmente reattiva, queste perdite aumentano con la temperatura di funzionamento proporzionalmente alla resistività del rame. Si avrà così a 75 °C una perdita di 7 kW.

3.1.3. - *Perdite addizionali nei singoli conduttori.* — Come già si è affermato, la determinazione delle perdite addizionali si presenta assai laboriosa e non può fornire che risultati assai poco approssimati.

Queste perdite sono però certamente assai elevate e maggiori di quelle ohmiche; esse andranno dunque valutate almeno nel loro ordine di grandezza.

Data la simmetria cilindrica si può ammettere che la induzione che investe i conduttori abbia direzione che giace sempre in piani passanti per l'asse del solenoide e dunque paralleli alla sezione della piattina. Si può così ammettere che la densità di corrente indotta nei singoli conduttori dalle variazioni di  $B$  sia sempre ortogonale alla sezione della piattina.

La densità di corrente in ciascun conduttore è allora in ogni istante espressa dalla:

$$(13) \quad g = g_c + g_{ma} + g_p$$

dove:

$g_c$  = densità di corrente continua

$g_{ma}$  = densità media nella sezione della corrente alt.

$g_p$  = densità della corrente parassita: il suo valore medio nella sezione è nullo.

Siano  $G_c$ ,  $G_{ma}$ ,  $G_p$  i corrispondenti valori efficaci. Se si ammette che  $G_p$  sia in fase con il campo elettrico indotto dalla variazione di  $B$  e se si suppone ancora  $B$  in fase con  $G_{ma}$ , allora risulta  $G_p$  in quadratura con  $G_{ma}$ . Si potrà così scrivere, per il valore efficace della densità di corrente risultante:

$$(14) \quad G^2 = G_c^2 + G_{ma}^2 + G_p^2.$$

La (14) mostra come sia possibile valutare le perdite dovute alla  $G_p$  separatamente da quelle dovute alla  $G_c$  ed alla  $G_{ma}$ .

Le perdite dovute alla densità di corrente  $G_p$  possono essere valutate scindendo gli effetti delle componenti assiale e radiale dell'induzione. È infatti facile verificare che le perdite risultano espresse dalla:

$$(15) \quad P = \frac{v \omega^2}{12 \rho} (B_a^2 a^2 + B_r^2 b^2)$$

dove:

$\omega$  = pulsazione

$B_a$ ,  $B_r$  = valori efficaci delle componenti rispettivamente assiale e radiale dell'induzione, supposti costanti su ogni sezione

$\rho$  = resistività della piattina

$v$  = volume della piattina interessata dalle correnti parassite

$a$  = lato della piattina disposto radialmente

$b$  = lato della piattina disposto assialmente.

Per il calcolo corretto delle perdite è necessario conoscere il valore delle componenti assiale e radiale della induzione in ogni punto. In appendice si mostrerà come si siano sviluppati i calcoli introducendo ipotesi approssimate. I risultati ottenuti hanno però consentito di fissare degli ordini di grandezza e le prove finali hanno mostrato come essi non fossero molto lontani dai valori reali. Si è ricavato:

	a 20 °C	a 75 °C
Perdite dovute alla componente assiale dell'induzione (massima nelle bobine centrali) . .	8 kW	7 kW
Perdite dovute alla componente radiale dell'induzione (massima nelle bobine di testa) . .	15 kW	12 kW
Perdite totali per correnti parassite . . . .	23 kW	19 kW

### 3.2. - Cenni su di una diversa disposizione costruttiva.

Prima di fornire i dati definitivi di progetto dell'induttore si ritiene opportuno accennare che si è studiata anche un'altra disposizione costruttiva.

Essa prevede (vedi fig. 5) la costruzione dell'induttore in 16 strati concentrici di forma cilindrica, a due a due distanziati per permettere il passaggio in senso assiale dell'aria di raffreddamento. I due semiavvolgimenti che

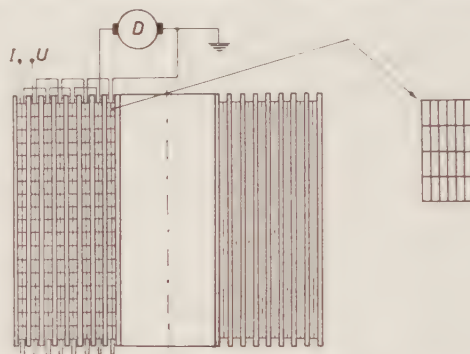


Fig. 5. — Ulteriore disposizione costruttiva.

fanno capo ai morsetti della dinamo sono costituiti da coppie alterne di strati tra loro in serie. Il numero totale di spire in serie è 288, essendo ogni strato costituito da 18 spire. Il conduttore principale che porta la corrente totale è composto di un certo numero di piattine affiancate e sovrapposte (vedi particolare in fig. 5) che vengono trasposte al fine di ridurre le correnti di circolazione che sorgono fra le bobine a causa del diverso flusso abbracciato da ciascuna di esse.

Si è però scartata questa soluzione per le seguenti ragioni:

1) essa offre delle difficoltà di costruzione se si adotta una suddivisione del conduttore atta a limitare le perdite addizionali locali; una volta suddiviso il conduttore in un numero sufficiente di piattine, risultano infatti difficili le trasposizioni necessarie a limitare efficacemente le correnti di circolazione tra le piattine adiacenti;

2) non sarebbe facile correggere il numero di spire

dei vari circuiti in sede di collaudo. L'efficacia delle trasposizioni previste in sede di progetto sarebbe, d'altro lato, incerta data la dissimmetria fra i diversi circuiti in parallelo.

4. - DATI DEFINITIVI DI PROGETTO.

In base a quanto esposto nei paragrafi precedenti si sono così potuti fissare i dati di progetto definitivi. La tabella I fornisce (per una delle due metà del solenoide)

TABELLA I

Bobina n.	Sezione del conduttore	N. spire di progetto
1	2 (2,7 × 16,5)	202
2	»	192
3	»	180
4	»	174
5	3,6 × 20,5	158
6	»	158
7	»	152
8	»	152
9	»	149
10	4 × 18	146
11	»	146
12	»	144
13	»	144
14	»	142
15	»	142
16	»	142
17	»	140
18	»	140
19	»	140
20	»	140
21	»	140
22	»	140
23	»	140
24	»	140
25	»	140
26	»	140

la sezione di piattina usata ed il numero di spire previsto per ogni bobina. Come si è già avvertito, è stato neces-

sario variare la sezione della piattina in proporzione diretta al numero di spire di ogni singola bobina, onde rendere le bobine di resistenza pressochè uguale. Per ridurre le perdite addizionali dovute alla  $B_r$ , le quattro

bobine di testa, ai due lati, sono state previste con piattina di altezza ridotta (da 18 a 16,5 mm). Per ottenere la sezione di rame voluta e per non allargare troppo la piattina, con conseguenti difficoltà di lavorazione, le quattro bobine di testa sono state avvolte con due piattine affiancate.

Le varie bobine hanno altresì, per evidenti ragioni costruttive, uguale diametro esterno ed interno. Ciò è stato ottenuto interponendo opportuni spessori tra una spira e l'altra, ove necessario. I conduttori sono isolati con elettrovetro ed impregnati in autoclave con vernice glicerica oftalica.

La fig. 6 e la fotografia di fig. 7 rappresentano l'induttore completo. Le uscite di ciascuna bobina sono ottenute fissando con viti la piattina ad una barra di rame di raccolta: questo ha permesso, in sede di collaudo, di aggiungere o togliere qualche spira per ottenere la uniforme ripartizione delle correnti alternate.

L'insieme delle bobine è tenuto da tiranti di ottone ancorati, sopra e sotto, a traverse di bronzo. Il raffreddamento è stato previsto come schizzato in fig. 6: l'aria entra radialmente tra una bobina e l'altra ed esce dalle bocche disposte alle due estremità. La portata d'aria è di 5,7 m<sup>3</sup>/s e la pressione di 70 mm di Hg. La temperatura raggiunta dalle bobine in corrispondenza all'ingresso ed all'uscita dell'aria viene misurata mediante 52 termometri a resistenza, disposti uno per bobina.

Il peso dell'induttore completo è di 30 000 kg (di cui circa 27 000 di rame).

5. - MESSA A PUNTO IN OFFICINA E COLLAUDO.

Prima dell'impregnazione in autoclave si è alimentato il solenoide con una modesta tensione alternata (450 V), alla frequenza di 20 p/s, per controllare la distribuzione delle correnti e si è modificato di conseguenza il numero di spire delle singole bobine per rendere tale distribuzione la più uniforme possibile. Ciò è stato necessario perchè i dati ricavati dalle prove su modello non erano direttamente trasferibili all'induttore finito: non era stato infatti possibile, per esigenze costruttive, riprodurre in scala tutte le dimensioni: ciò vale in particolare per la sezione dei conduttori e la distanza tra le bobine.

La messa a punto è risultata particolarmente laboriosa

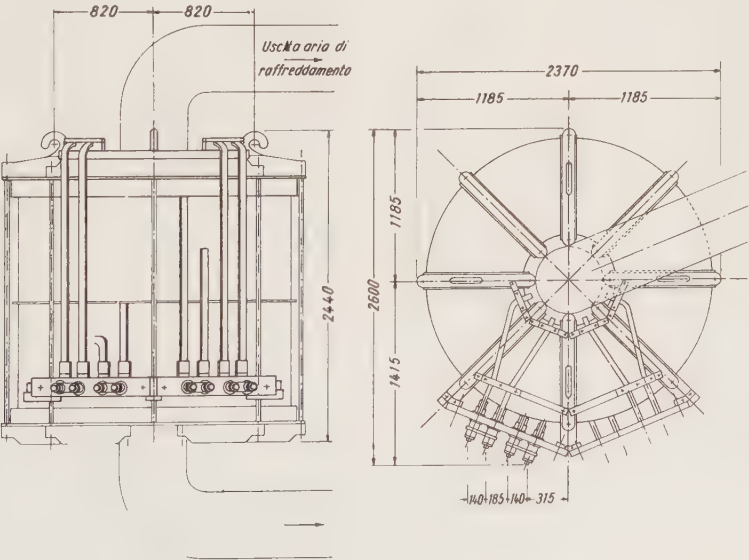


Fig. 6. — Disegno dell'induttore.

perchè la variazione anche di una sola spira poteva determinare in una bobina una variazione di corrente sino al 100 % della corrente media: si vedano ad esempio i valori forniti a titolo illustrativo dalla tabella II. Si è

perchè la variazione anche di una sola spira poteva determinare in una bobina una variazione di corrente sino al 100 % della corrente media: si vedano ad esempio i valori forniti a titolo illustrativo dalla tabella II. Si è



però notato che la variazione di una spira in una bobina aveva effetto sensibile solo sulla corrente di quella bobina e delle due adiacenti. In base a questa osservazione, cercando di uguagliare le correnti in ciascuna terna di bobine separatamente, si è potuto procedere in modo rela-

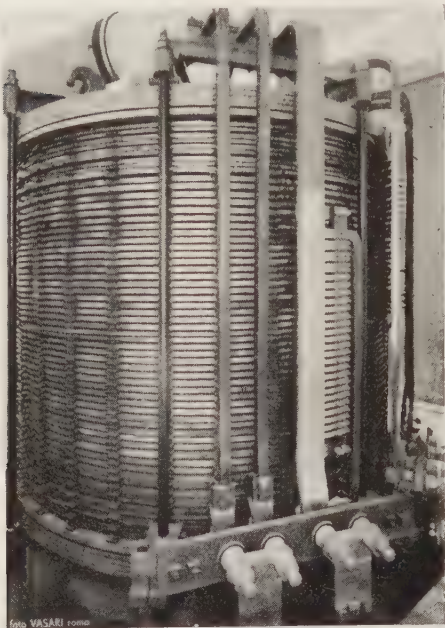


Fig. 7. — Fotografia dell'induttore.

tivamente spedito. Nella tabella III si forniscono i numeri di spire definitivi per ciascuna bobina ed i corrispondenti valori di corrente espressi in rapporto a quella uniforme. Tali valori corrispondono alla distribuzione ritenuta migliore tra 80 disposizioni sperimentate. Non si è comunque riusciti a contenere le correnti di circolazione che al

TABELLA II.

Bobina n.	Correnti prima delle variazioni delle spire	Variazione spire	Correnti dopo le variazioni
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
3	0,67	—	0,7
4	0,35	—	0,45
5	0,3	—	0,70
6	1,25	+1	0,3
7	0,45	—	0,94
8	0,75	+1	0,52
9	0,4	—	0,52
10	0,98	—	0,95
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
16	0,95	—	0,98
17	0,55	—	0,56
18	0,54	—	0,55
19	0,64	—	0,36
20	1,86	+1	0,25
21	0,58	—	0,4
22	0,64	—	0,68
23	0,73	—	0,75

± 50 % circa della corrente uniforme, mentre nel modello (in cui la resistenza era, in rapporto all'induttanza, notevolmente più elevata) era stato possibile scendere al ± 15 %.

TABELLA III.

Bobina N.	N. di spire definitive	Corrente riferita alla distribuzione uniforme	Bobina N.	N. di spire definitivo	Corrente riferita alla distribuzione uniforme
1	202	1,10	52	202	1,40
2	191	0,85	51	191	0,85
3	181	0,95	50	181	0,95
4	173	1,45	49	173	1,00
5	161	1,05	48	160	1,20
6	158	1,50	47	157	0,70
7	155	0,65	46	155	0,50
8	153	0,90	45	153	0,55
9	151	1,50	44	151	0,65
10	147	0,75	43	150	1,25
11	146	0,85	42	145	1,30
12	143	0,90	41	145	1,00
13	144	0,65	40	145	0,65
14	142	1,30	39	144	0,70
15	144	0,85	38	144	0,70
16	144	1,20	37	144	0,60
17	142	0,85	36	143	1,40
18	142	1,50	35	143	1,00
19	142	0,85	34	143	1,00
20	142	0,60	33	142	1,05
21	142	0,70	32	142	0,80
22	141	1,10	31	142	1,25
23	141	1,50	30	141	1,05
24	141	1,50	29	141	0,75
25	141	0,65	28	141	0,85
26	141	0,80	27	141	1,35

Non è forse inutile ricordare che nella misura delle correnti, date le basse impedenze in gioco, si è dovuto tener conto della perturbazione introdotta dalla resistenza dell'amperometro (data la bassa frequenza la sua reattanza era trascurabile); ciò si è fatto ponendo una resistenza variabile in serie allo strumento ed estrapolando dalle curve ottenute i valori corrispondenti a resistenza nulla. Si veda ad esempio la fig. 8 da cui comunque si deduce che la lettura eseguita con la sola resistenza dell'amperometro (pari a 0,045 ohm) non era affetta da errore superiore a 20 %.

Le misure sono state effettuate, oltre che a 20 p/s, anche a frequenze diverse (sino a 60 p/s). Si è così potuto verificare, in base alla variazione delle correnti con la frequenza, di che natura sia l'impedenza offerta alle correnti di circolazione; si è constatato che essa non è la medesima per tutte le bobine, risultando per alcune essenzialmente reattiva, per altre resistiva.

La misura della totale corrente assorbita, alla frequenza di 20 p/s, ha consentito anche di controllare il valore della induttanza equivalente del solenoide. Si è ottenuto:

$$L = 56 \text{ mH}$$

che è in ottimo accordo col valore calcolato.

Si è poi cercato di misurare le perdite dell'induttore in corrente alternata. Tale determinazione non era di facile esecuzione, essendo il fattore di potenza (a 20 p/s) minore di 0,02. Per non introdurre gli errori di fase dei trasformatori di misura si è preferito eseguire la misura a bassi valori di corrente e tensione con un wattmetro inserito direttamente nel circuito. Si è usato uno strumento a fattore di potenza 0,05 a piccolo errore di fase. La precisione della misura risultava comunque modesta anche perchè il consumo della bobina voltmetrica era del medesimo ordine di grandezza delle perdite da misurare. Riportando il valore misurato alla tensione e corrente nominali si è ottenuta una perdita in corrente alternata di 40 kW a 20 °C; essa concorda sufficientemente con la somma delle perdite calcolate (35 kW).

Altre misure di potenza sono state eseguite con correnti più elevate shuntando la bobina amperometrica del wattmetro: con una accurata scelta dei derivatori, la cui costante di tempo doveva risultare pressochè uguale a quella del circuito ampermetrico del wattmetro, si sono ottenuti risultati in sufficiente accordo con il precedente.

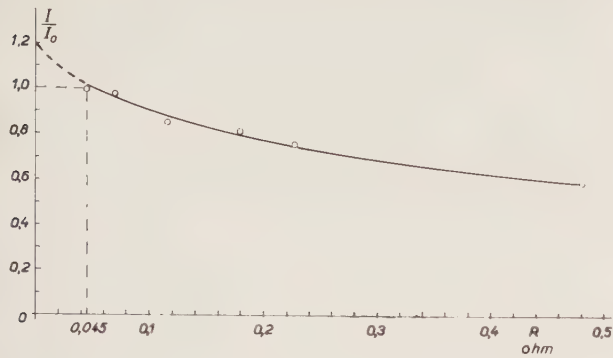


Fig. 8.

Si è così tracciata la curva di fig. 9 che fornisce l'andamento delle perdite, con tensione costante, al variare della frequenza: esso concorda abbastanza con quanto si era previsto nei calcoli perchè, in questi, il termine preponderante è dato dalle perdite per correnti parassite che, a parità di tensione, sono costanti al variare della frequenza.

È stato anche eseguito, a costruzione finita, un collaudo dell'induttore nella sede definitiva. Oltre alle normali prove di isolamento, si sono rilevate le temperature delle bobine con termoresistori.

Nella tabella IV sono indicate le temperature misurate. L'aria di raffreddamento aveva una temperatura di 14 °C all'ingresso e di 33 °C all'uscita. Nota la portata del ventilatore (5,7 m³/s), è possibile eseguire un grossolano controllo delle perdite in base al calore asportato dall'aria refrigerante: si otterrebbe una potenza dissipata di circa 125 kW che è in buon accordo con i valori calcolati (124 kW a 20 °C e 140 kW a 75 °C); infatti la temperatura di funzionamento, come risulta dalla tabella IV, è dell'ordine di 50 °C.

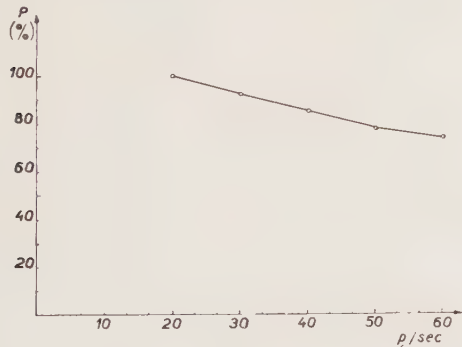


Fig. 9.

Occorre comunque aggiungere che il calore che il solenoide cede all'ambiente è certamente maggiore di quello valutabile in base alla portata d'aria del ventilatore.

APPENDICE

1) LE CORRENTI DI CIRCOLAZIONE.

Per fissare le idee si consideri un solenoide costituito da 4 bobine uguali e disposte come in fig. 10. Per ogni singola bobina si possono calcolare i coefficienti di auto e di mutua induzione.

TABELLA IV.

Bobina	Posizione termoelemento	Temperatura
1	entrata aria	25
2	»	25
3	»	23
4	»	25
5	»	23,5
6	»	23,5
7	»	23,5
8	»	22,5
9	»	24
10	»	24,5
11	»	23,5
12	»	25
13	»	25
14	»	24,5
15	»	23,5
16	»	23,5
17	»	24,5
18	»	23,5
19	»	23
20	»	23
21	»	24
22	»	24
23	»	23,5
24	»	24,5
25	»	24
26	»	24
27	uscita aria	43
28	»	46
29	»	47
30	»	50
31	»	48,5
32	»	49,5
33	»	49
34	»	49
35	»	47
36	»	46,5
37	»	46
38	»	45
39	»	45
40	»	44
41	»	43,5
42	»	42,5
43	»	43,5
44	»	43
45	»	43
46	»	43
47	»	42,5
48	»	42,5
49	»	45,5
50	»	46,5
51	»	46,5
52	»	45,5

Si abbia:

$$\begin{aligned} L_1 &= L_2 = L_3 = L_4 = L \\ M_{12} &= M_{23} = M_{34} = \alpha L \\ M_{13} &= M_{24} = \beta L \\ M_{14} &= \gamma L \end{aligned}$$

dove, ovviamente:  $1 > \alpha > \beta > \gamma$ .

Per il momento si suppongono trascurabili le resistenze di ogni bobina.

Si alimentino le quattro bobine in parallelo con una tensione alternata  $V$ , di pulsazione unitaria.

La corrente  $I_i$  che fluisce in ciascuna bobina può essere supposta pari alla somma di una corrente  $I$  uguale per tutte le bobine e di una corrente  $I_{\circ}$  di circolazione tra le bobine; si ha:



$$\begin{aligned} I_1 &= I + I_{1c} \\ I_2 &= I + I_{2c} \\ I_3 &= I + I_{3c} \\ I_4 &= I + I_{4c} \end{aligned}$$

dove:

$$\sum I_{ic} = 0.$$

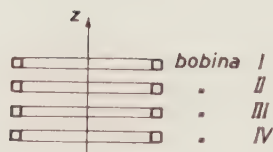


Fig. 10.

Per evidenti motivi di simmetria si può porre:

$$I_{1c} = I_{4c} = -I_{2c} = -I_{3c} = I_c$$

da cui:

$$\begin{aligned} I_1 &= I + I_c \\ I_2 &= I - I_c \\ I_3 &= I - I_c \\ I_4 &= I + I_c. \end{aligned}$$

La tensione  $V$  applicata è valutabile in funzione dei coefficienti di auto e mutua induzione; separando i termini dovuti ad  $I$  da quelli dovuti ad  $I_c$  si può scrivere per la I e la IV bobina:

$$V = I L (1 + \alpha + \beta + \gamma) + I_c L (1 - \alpha - \beta + \gamma) = V_1 + V_{1c}$$

e per la II e la III:

$$V = I L (1 + 2\alpha + \beta) + I_c L (-1 + \beta) = V_2 + V_{2c}$$

$V_1$  e  $V_2$  sono le tensioni che si indurrebbero nelle diverse bobine se esse venissero poste in serie.

Sottraendo membro a membro si ottiene:

$$(\alpha - \gamma) I = I_c (2 - \alpha - 2\beta + \gamma)$$

da cui:

$$I_c = \frac{I (\alpha - \gamma)}{1 - \alpha - (\beta - \gamma) + 1 - \beta}.$$

Per un solenoide costituito da quattro bobine egualmente distanziate ci si convince che è:

$$1 - \alpha > \beta - \gamma \quad 1 - \beta > \alpha - \gamma$$

I quattro termini  $1$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  giacciono infatti, in funzione della distanza assiale tra la prima bobina e le altre, in una curva del tipo di quella di fig. 11.

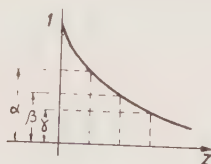


Fig. 11.

È dunque  $I_c < I$ . Si può però constatare che sarebbe anche possibile disporre le bobine in modo tale da dar luogo ad una corrente di circolazione infinita.

Questo esempio mostra come la corrente di circolazione possa venire calcolata nell'ipotesi di resistenza nulla, e come bastino piccole dissimmetrie nella disposizione delle bobine per far variare entro ampi limiti i valori delle correnti di circolazione.

Se il solenoide risulta costituito da un grande numero di bobine, i calcoli, se pur concettualmente semplici, divengono praticamente sempre più laboriosi. Occorre infatti calcolare dapprima i coefficienti di auto e mutua induzione delle diverse bobine <sup>(2)</sup>. Occorre poi risolvere dei sistemi di equazioni algebriche il cui numero è tanto più elevato quanto maggiore è il numero delle bobine.

## 2) CALCOLO DELLE PERDITE PER CORRENTI PARASSITE.

1) La sezione della piattina sia rettangolare con i lati  $a$  e  $b$  disposti come in fig. 12.

Sia  $B_r$  il valore efficace della componente radiale dell'induzione e  $B_a$  quello della componente assiale. Si scelgano due assi cartesiani come indicato in fig. 12.

Si vuol calcolare la densità di corrente parassita  $G_a$  indotta dalla  $B_a$ . Si riconosce subito che  $G_a$  è funzione di  $x$  e non di  $y$  e che, date le condizioni di simmetria, è

$$G_a(x) = -G_a(-x).$$

Si ha allora:

$$\omega B_a x = \varrho G_a(x)$$

da cui:

$$G_a(x) = \frac{\omega B_a x}{\varrho}.$$

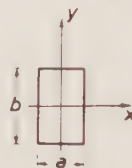


Fig. 12.

In modo analogo si ricava la  $G_r(y)$  indotta dalla  $B_r$ , ottenendo:

$$G_r(y) = \frac{\omega B_r y}{\varrho}.$$

Si ha così in ogni punto:

$$G(x, y) = G_a(x) + G_r(y) = \frac{\omega}{\varrho} [B_a x + B_r y].$$

Elevando a quadrato:

$$(16) \quad G^2(x, y) = \frac{\omega^2}{\varrho^2} [B_a^2 x^2 + B_r^2 y^2 + 2 B_a B_r x y].$$

La potenza perduta per correnti parassite in un tratto di piattina lungo  $l$  diviene:

$$P = \varrho l \int_s G^2(x, y) dx dy.$$

Si riconosce facilmente che il terzo addendo della (16) dà un integrale nullo se esteso all'intera sezione.

Attraverso facili passaggi si ottiene dunque:

$$P = \frac{\omega^2}{12 \varrho} v (B_a^2 a^2 + B_r^2 b^2)$$

dove  $v$  = volume di piattina.

<sup>(1)</sup> Per questi calcoli può essere utile il volume di F. W. GROWER: *Inductance Calculations*, Van Nostrand, New York, 1946.

Le perdite possono così venire valutate sommando quelle dovute a  $B_a$  e quelle dovute a  $B_r$ .

II) *Determinazione di  $B_a$ .* — Sia  $R$  un raggio generico e  $z$  la quota rispetto alla mezzeria del solenoide. Il valore di  $B_a(R, z)$  in ogni punto può essere approssimativamente valutato in base alle considerazioni che seguono. Si ammetta che  $B_a(R, z)$  sia così esprimibile:

$$B_a(R, z) = B(O, O) f(R) \varphi(z)$$

dove  $f(R)$  e  $\varphi(z)$  valgono 1 per  $R = z = 0$  e sono  $\leq 1$  per  $R$  o  $z \neq 0$ . Ciò equivale a porre  $B_a$  massima per  $R = z = 0$  e la distribuzione radiale indipendente dalla quota  $z$ . Occorre determinare  $B(O, O)$ ,  $f(R)$  e  $\varphi(z)$ .

Per  $f(R)$  sembra lecito stabilire la seguente espressione:

$$\begin{aligned} f(R) &= 1 && \text{per } 0 \leq R \leq R_i \\ f(R) &= \frac{R_e - R}{R_e - R_i} && \text{per } R_i \leq R \leq R_e \end{aligned}$$

dove  $R_i$  ed  $R_e$  sono rispettivamente i raggi interno ed esterno del solenoide; si suppone dunque che  $B_a$  sia costante, ad una data quota  $z$ , per  $R \leq R_i$  e che decresca linearmente sino a zero per  $R$  variabile tra  $R_i$  ed  $R_e$ .

Per la determinazione di  $B(O, O)$  occorre riferirsi alle bobine centrali del solenoide (26 esima e 27 esima); siano  $z_1, z_2 \dots z_{52}$  le quote delle mezzerie delle 52 bobine.

Per le quote  $z_{26}$  o  $z_{27}$  si può ammettere che  $\varphi(z)$  valga 1 e dunque che  $B_a(R, z)$  sia praticamente coincidente con  $B_a(R, O)$ . Trascurando le cadute ohmiche, si può allora scrivere, per la bobina 26 esima:

$$\begin{aligned} V &= \omega \Phi_N(z_{26}) = \\ &= \omega N(z_{26}) B_a(O, O) \left[ \pi R_i^2 + \int_{R_i}^{R_e} \left( \frac{R_e - R}{R_e - R_i} \right)^2 2 \pi R dR \right] \end{aligned}$$

In questa espressione la sola incognita è  $B_a(O, O)$  che può essere così determinata. Si ponga:

$$A = \pi R_i^2 + \int_{R_i}^{R_e} \left( \frac{R_e - R}{R_e - R_i} \right)^2 2 \pi R dR$$

si ha:

$$\begin{aligned} V &= \frac{4615}{2} = 2307 \text{ V} \\ \omega &= 126 \\ N(z_{26}) &= 141 \\ R_e &= 1,07 \text{ m} \\ R_i &= 0,37 \text{ m} \end{aligned}$$

da cui:

$$A = 1,2$$

Si ottiene infine:  $B_a(O, O) = 0,11 \text{ Wb/m}^2$ .

È ora possibile determinare  $\varphi(z)$ . Per ogni bobina la tensione applicata è infatti la medesima e si può dunque scrivere:

$$N(z) \varphi(z) = N(z_{26})$$

da cui:

$$\varphi(z) = \frac{N(z_{26})}{N(z)}$$

$\varphi(z)$  ha così un andamento inversamente proporzionale al numero di spire  $N(z)$  della bobina la cui mezzeria è alla quota  $z$ .  $N(z)$  è una funzione che può variare solo

per numeri interi e, come si può constatare dalla tabella III, ha un andamento irregolare e non simmetrico per le due metà del solenoide. Si può però fare la media delle spire per le due metà e cercare di approssimare la funzione  $1/N(z)$  con una espressione analitica. Si ammetta di poter scrivere:

$$\varphi(z) = 1 - k z^x$$

Si ha:

$$k z^x = \frac{N(z) - N(z_{26})}{N(z_{26})}$$

e, passando ai logaritmi:

$$x + \frac{\lg k}{\lg z} = \frac{1}{\lg z} \lg \frac{N(z) - N(z_{26})}{N(z_{26})}$$

In fig. 13 si sono riportati i valori di

$$\frac{1}{\lg z} \cdot \lg \frac{N(z) - N(z_{26})}{N(z_{26})}$$

in funzione delle quote di ciascuna bobina. Dopo alcuni tentativi ci si è convinti che i valori di  $x$  e  $k$  che più ap-

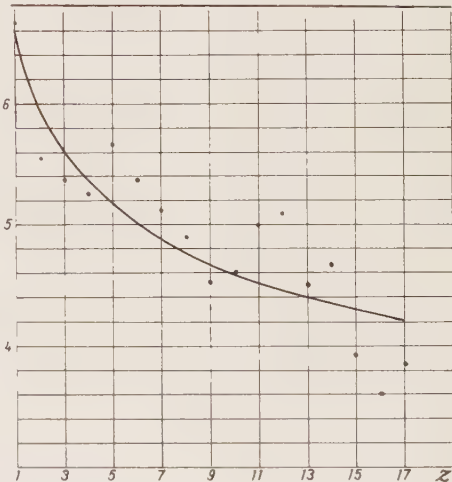


Fig. 13.

$$\begin{aligned} &\bullet \quad \frac{1}{\lg z} \lg \frac{N(z) - N(z_{26})}{N(z_{26})} \\ &\text{---} \quad x + \frac{\lg k}{\lg z} \quad \text{con } x = 3,8 \quad ; \quad k = 0,6 \end{aligned}$$

prossimano i punti dati sono  $x = 3,8$  e  $k = 0,6$  (si veda la curva di fig. 13). Si ha così:

$$\varphi(z) = 1 - 0,6 z^{3,8}$$

ed infine:

$$\begin{aligned} B_a(R, z) &= 0,11 (1 - 0,6 z^{3,8}) \quad \text{per } 0 \leq R \leq R_i \\ B_a(R, z) &= 0,11 \frac{R_e - R}{R_e - R_i} (1 - 0,6 z^{3,8}) \quad \text{per } R_i \leq R \leq R_e \end{aligned}$$

III) *Determinazione di  $B_r$ .* — I valori assunti dalla componente radiale  $B_r$  dell'induzione si ottengono facilmente una volta noto l'andamento di  $B_a$ . Si deve infatti avere che per ogni quota  $z$  e raggio  $R$  la diminuzione del flusso assiale attraverso il cerchio di raggio  $R$  per uno spostamento assiale  $dz$ , è uguale al flusso radiale che esce attraverso la superficie infinitesima  $2 \pi R dz$ .



La componente radiale dell'induzione è dunque data da:

$$B_r = - \frac{d \Phi (R, z)}{d z} \frac{1}{2 \pi R}$$

dove:

$$\Phi (R, z) = \int_0^R B_a (R, z) 2 \pi R d R.$$

Si ottiene, attraverso facili calcoli, la seguente espressione di  $B_r$ :

$$B_r (R, z) = 4 z^{2,8} \left( -2,98 R^2 + 4 R - \frac{0,08}{R} \right)$$

IV) *Determinazione delle perdite.* — Noti i valori delle componenti assiale e radiale dell'induzione si possono valutare le perdite mediante la (15) che va integrata in tutto il volume di ingombro del solenoide. Evidentemente il risultato andrà poi moltiplicato per un coefficiente di stipamento che tenga conto dell'effettivo volume di rame. Si sono ottenuti, così procedendo, i valori delle perdite riportati nel testo.

*Manoscritto pervenuto il 27 gennaio 1960.*

# CRITERI PER IL PROGETTO ELETTROACUSTICO DI UN ECOSCANDAGLIO

G. PAZIENZA (\*)

*Viene dedotta una equazione che fornisce il valore della portata massima ottenibile da un ecoscandaglio in funzione dei parametri fisici e strumentali che la determinano. Sono illustrati criteri per la scelta e per la verifica dei parametri anzidetti.*

## I. - PREMESSE.

Viene nel seguito descritto un metodo di calcolo dei parametri elettroacustici fondamentali di un ecoscandaglio. Si intendono compresi sotto tale denominazione la frequenza di lavoro, la durata dell'impulso, la larghezza di banda, il rendimento, la potenza elettrica e le dimensioni del trasduttore.

Non vengono, viceversa, considerati particolari sistemi di generazione dell'impulso o di rivelazione del segnale d'eco, d'altra parte ampiamente descritti in una completa pubblicazione sull'argomento [1], anche se, come risulterà dal seguito, la definizione di alcuni dei parametri elettroacustici anzidetti non può essere effettuata che in relazione ai particolari sistemi tecnici di generazione dell'impulso e di rivelazione del segnale che si intende adottare.

È ben noto che la misura della profondità di fondali marini viene eseguita dagli ecoscandagli misurando il tempo che separa la emissione dell'impulso di un treno d'onde acustiche o, più generalmente, ultraacustiche dalla ricezione della relativa eco.

Denotato quindi con  $t$  tale tempo, valutato tra gli istanti di inizio dell'impulso e dell'eco, con  $R_0$  la profondità del fondale da misurare, con  $c$  la velocità del suono effettivamente esistente durante la misura, si ha

$$(1) \quad R_0 = \frac{ct}{2}.$$

La misura di  $R_0$  si riduce, quindi, alla misura del tempo  $t$  ad essa proporzionale se si può ritenere costante il valore di  $c$ . È, viceversa, ben noto che il valore della velocità del suono in mare è variabile in funzione delle particolari condizioni di temperatura, salinità e pressione esistenti nel luogo e nel tempo nei quali la misura stessa viene effettuata.

Il valore comunque dell'errore relativo  $\varepsilon_{R_0}$  nella misura della profondità, conseguente ad un errore  $\varepsilon_c$  nella conoscenza di  $c$  ed  $\varepsilon_t$  nella misura di  $t$ , risulterà

$$(2) \quad \varepsilon_{R_0} = \frac{1}{R_0} \left[ \frac{\delta R_0}{\delta t} \varepsilon_t + \frac{\delta R_0}{\delta c} \varepsilon_c \right] = \frac{\varepsilon_t}{t} + \frac{\varepsilon_c}{c};$$

esso è quindi la somma degli errori relativi in  $t$  ed in  $c$ . Ove si prescinda dalle cause di errore testè accennate, che possono d'altra parte considerarsi inerenti al sistema di rivelazione dell'eco, e, perciò, del tutto indipendenti dai parametri elettroacustici dell'apparato, è però evidente che la misura di profondità sarebbe effettuata con errore nullo ed accuratezza infinita se si irradiasse un impulso ad inviluppo rettangolare di durata, teorica-

mente, infinitesima e si ricevesse un impulso della stessa forma dopo il tempo  $t$  definito dalla (1).

È ben noto però che è in pratica impossibile, e, sotto molti aspetti, tecnicamente non conveniente irradiare impulsi di durata inferiore a limiti determinati e, d'altra parte, come è intuitivo e come risulterà dal seguito, si richiede a partire dall'istante  $t$  un tempo finito perchè la potenza acustica d'eco raggiunga il suo valore massimo, tale tempo come tale stesso valore massimo essendo dipendenti dalla natura fisico-geometrica del fenomeno di formazione dell'eco.

È, infine, evidente che per ottenere un segnale d'eco di potenza finita è necessario che una superficie finita di fondo risulti contemporaneamente riflettente. Deriva da ciò una ulteriore e certo importante causa di errori: i fondali marini non possono essere considerati entro limiti molto ampi superfici piane e differenze talvolta notevoli di profondità possono riscontrarsi tra zone reciprocamente non molto distanti; se tali zone, quindi, appartengono alla superficie contemporaneamente riflettente o comunque all'area esplorata in ciascun impulso daranno luogo ad errori nella misura della profondità verticale relativa al punto di ubicazione dell'apparato. Non soltanto, ma va notato il fatto che la possibilità di rivelare differenze di profondità tra zone reciprocamente abbastanza vicine riveste grande importanza nella quasi totalità delle pratiche applicazioni: aiuto alla navigazione, ricerche geologiche, scoperta di relitti, ecc.

Da tutto quanto precede sembra logico concludere che la definizione dei parametri elettroacustici di un ecoscandaglio dovrebbe essere effettuata in modo da assicurare la possibilità di misura fino alla profondità massima prevista contenendo l'errore relativo entro limiti assegnati e conferendo, al tempo stesso, al segnale d'eco un contenuto sufficientemente corretto di informazioni attraverso una adeguata limitazione dell'area esplorata.

Si tratta quindi, in sostanza, di definire i parametri elettroacustici anzidetti in modo che, per il valore massimo previsto della profondità da misurare, la potenza d'eco risulti, in rapporto alla potenza di disturbo presente, sufficiente per assicurare una soddisfacente rivelazione del segnale medesimo e che la legge di variazione della potenza d'eco in funzione del tempo per ogni generica profondità sia tale, in relazione alle caratteristiche del particolare sistema di rivelazione da adottare, che l'area esplorata, la precisione e l'accuratezza della misura risultino contenute entro i limiti desiderati.

Così, per esempio, se il diagramma della potenza d'eco in funzione del tempo per una certa profondità ha l'andamento qualitativamente indicato nella fig. 1 e se il sistema di rivelazione del segnale ha, in condizioni di impiego pratico, una sensibilità differenziale di  $p$  dB, i valori degli errori minimo,  $\varepsilon'_{R_0}$ , massimo  $\varepsilon''_{R_0}$  e dell'accuratezza  $\delta$  risultano definibili come nella stessa figura indicato, mentre l'area totalmente esplorata sarà deducibile dallo stesso diagramma come di seguito indicato.

Sono nel seguito dedotte le leggi di dipendenza dell'area riflettente sia dal tempo che dall'angolo visuale sotto il quale viene vista dal trasduttore la curva limite relativa e, in base alle espressioni della potenza del se-

(\*) Direttore dell'USEA s.r.l. S. Terenzo (La Spezia).



gnale e del rumore sviluppate in Appendice, viene dedotta una equazione che lega il valore della profondità massima del fondale da misurare a tutti i parametri determinanti e vengono illustrati i criteri sia per la scelta che per la verifica degli stessi.

È particolarmente considerato il caso in cui venga utilizzato sia per la emissione che per la ricezione dell'eco un unico trasduttore; la applicazione, tuttavia, dei criteri esposti al caso di due trasduttori distinti apparirà alfine del tutto ovvia al lettore.

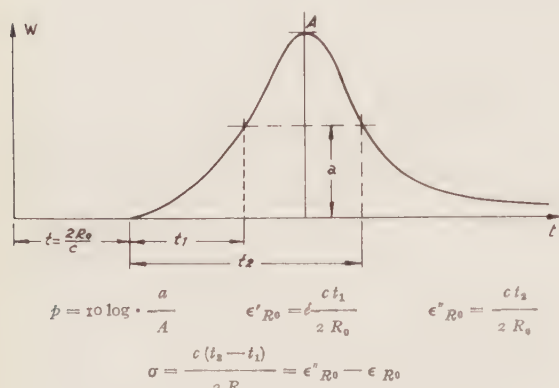


Fig. 1.

## 2. - VARIAZIONE DELL'AREA CONTEMPORANEAMENTE RIFLETTENTE COL TEMPO E COLL'ANGOLO VISUALE.

Si consideri, fig. 2, il trasduttore ricetrasmittente  $T$  posto ad una distanza  $R_0$  dal fondo e, per ora, privo di proprietà direzionali; si supponga, inoltre, che il detto trasduttore emetta, al tempo  $t = 0$ , un impulso di energia acustica di durata  $\tau$ . Si rileva dalla figura che in un generico istante  $t$  compreso tra

$$\frac{2 R_0}{c} \text{ e } \frac{2 R_0}{c} + \tau,$$

l'area contemporaneamente riflettente,  $S_r$ , è un cerchio di raggio  $R_0 \operatorname{tg} \alpha$ .

Essendo, in base anche alla (1) per qualsiasi valore di  $t$

$$(3) \quad \cos \alpha = \frac{R_0}{R} = \frac{2 R_0}{c t},$$

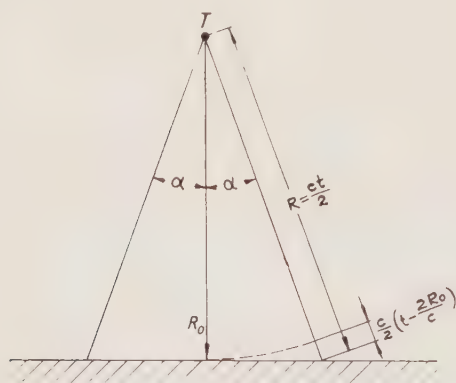


Fig. 2.

si ha:

$$(4) \quad S_r = \pi R_0^2 \operatorname{tg}^2 \alpha = \pi \left( \frac{c^2 t^2}{4} - R_0^2 \right).$$

L'area  $S_r$  varia quindi, in funzione del tempo, con legge quadratica e raggiunge per

$$t = \frac{2 R_0}{c} + \tau$$

il valore massimo

$$(5) \quad S_{rm} = \pi \left( \frac{c^2 \tau^2}{4} + R_0 c \tau \right).$$

Tale valore massimo corrisponde ad un valore  $\alpha_c$ , di  $\alpha$ , angolo visuale sotto il quale viene visto dal trasduttore  $T$  la curva limite di  $S_r$ , tale che sia

$$(6) \quad \cos \alpha_c = \frac{1}{1 + \frac{c \tau}{2 R_0}}.$$

È utile, per il seguito, rilevare che denotando con  $t'$  i valori del tempo misurati a partire dall'istante

$$t = \frac{2 R_0}{c}$$

la (6) può essere generalizzata sotto la forma

$$(7) \quad \cos \alpha = \frac{1}{1 + \frac{c t'}{2 R_0}}$$

che esprime il legame tra gli angoli di visuale,  $\alpha$ , ed il tempo  $t$ , misurato come anzidetto.

Per valori di  $t > \frac{2 R_0}{c} + \tau$  e quindi per valori di  $\alpha > \alpha_c$ , l'area contemporaneamente riflettente, sarà costituita, come risulta dalla fig. 3, da una corona circolare

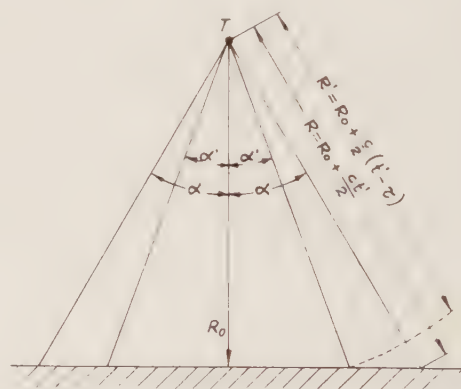


Fig. 3.

i cui limiti esterno ed interno sono visti da  $T$  sotto angoli, rispettivamente,  $\alpha$  ed  $\alpha'$  che soddisfano la condizione

$$(8) \quad R_0 (\sec \alpha - \sec \alpha') = \frac{c \tau}{2}$$

cosicchè risulta

$$\cos \alpha' = \frac{2 R_0 \cos \alpha}{2 R_0 - c \tau \cos \alpha}$$

e quindi

$$(9) \quad \operatorname{tg} \alpha' = \sqrt{\left( \frac{2 R_0 - c \tau \cos \alpha}{2 R_0 \cos \alpha} \right)^2 - 1}.$$

Con riferimento alla stessa fig. 3, si ha inoltre:

$$(10) \quad \left\{ \begin{array}{l} \cos \alpha = \frac{1}{1 + \frac{c t'}{2 R_0}} \\ \cos \alpha' = \frac{1}{1 + \frac{c (t' - \tau)}{2 R_0}} \end{array} \right.$$

Tenendo allora conto delle (1), (3) e (9), si ha

$$(11) \quad S_r = \pi R_0^2 (\operatorname{tg}^2 \alpha - \operatorname{tg}^2 \alpha') = \frac{\pi c^2 \tau}{4} (2 t' - \tau).$$

Per  $t > \frac{2 R_0}{c} + \tau$ , quindi, l'area contemporaneamente riflettente varia linearmente col tempo e si potrà facilmente verificare che per  $t = \frac{2 R_0}{c} + \tau$  assume lo stesso valore (5) fornito dalla (4).

Introducendo nella (11) il valore di  $\operatorname{tg} \alpha'$  fornito dalla (9) si ricava la espressione di  $S_r$  in funzione di  $\alpha$ ; si ha infatti

$$(12) \quad S_r = \pi R_0^2 \left[ \operatorname{tg}^2 \alpha - \left( \frac{2 R_0 - c \tau \cos \alpha}{2 R_0 \cos \alpha} \right)^2 + 1 \right] = \pi \left( \frac{R_0 c \tau}{\cos \alpha} - \frac{c^2 \tau^2}{4} \right).$$

Cosicchè se, come generalmente accade in pratica, è

$$\frac{c^2 \tau^2}{4} \ll \frac{R_0 c \tau}{\cos \alpha}$$

si può ritenere che sia:

$$(12') \quad S_r \approx \pi \frac{R_0 c \tau}{\cos \alpha}$$

ed inoltre: se, come anche accade nelle pratiche applicazioni, il valore di  $\alpha$  non supera i  $20 \div 25^\circ$  l'area contemporaneamente riflettente può considerarsi praticamente costante a partire dall'istante  $t = \frac{2 R_0}{c} + \tau$  o, se si vuole, a partire dall'angolo visuale  $\alpha = \alpha_c$ . Il diagramma dell'area contemporaneamente riflettente in funzione di  $t$  sarà quindi del tipo qualitativamente indicato in fig. 4.

Data la piccolezza dei valori di  $\alpha$  e di  $\frac{c t'}{2 R_0}$ , sviluppando in serie il primo ed il secondo membro della (7) si ha

$$(13) \quad \alpha = \sqrt{\frac{c t'}{R_0}}$$

e, come caso particolare:

$$(14) \quad \alpha_c = \sqrt{\frac{c \tau}{R_0}}.$$

La (13) consente un più agevole calcolo dei valori del tempo corrispondenti a determinati valori dell'angolo visuale e viceversa.

In modo analogo dalla seconda della (10) si ricava

$$(15) \quad \alpha' = \sqrt{\frac{c (t' - \tau)}{R_0}}.$$

Dalle (13) e (15) si ricava che gli angoli  $\alpha$  ed  $\alpha'$  soddisfano alla condizione

$$(16) \quad \alpha^2 - \alpha'^2 = \frac{c \tau}{R_0}$$

sicchè il diagramma di  $\alpha$  in funzione di  $\alpha'$  è una iperbole equilatera avente per asintoti le rette bisettrici degli assi coordinati.

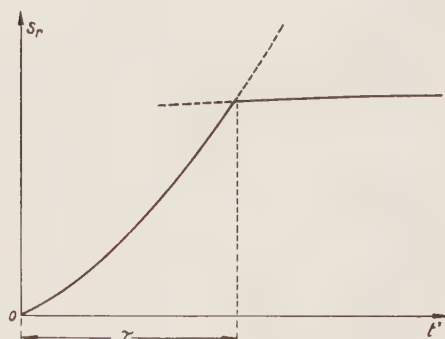


Fig. 4.

Si potrà, infine, rilevare che tenendo conto del piccolo valore di  $\alpha$  e della (13), l'area esplorata,  $S_e$ , l'area cioè dalla curva limite esterno dell'area contemporaneamente riflettente, relativa ad un generico istante  $t'$  è:

$$(17) \quad S_e = \pi R_0^2 \operatorname{tg}^2 \alpha = \pi R_0 c t'.$$

Le aree esplorate corrispondenti agli stessi valori del tempo sono, quindi, proporzionali sia alla profondità  $R_0$  che allo stesso tempo  $t'$ .

### 3. - EQUAZIONE DELLA PORTATA.

Da un punto di vista generale si può affermare che un segnale è rivelabile in presenza di un disturbo se il rapporto  $W_u/W_n$  tra le rispettive potenze è almeno uguale ad un determinato valore  $\varepsilon$ .

Come risulta dalla (36) e (42') in Appendice è:

$$(18) \quad W_u = \frac{\eta^2 W_e G_0^2 \lambda_0^2}{16 \pi^2} \frac{m_0}{2 \pi} \frac{10^{-\frac{2a}{10}} R_0}{R_0^2} \frac{1}{2} \cdot \int_0^{2\pi} d\beta \int_0^\alpha \varphi_0^4(\alpha, \beta) \operatorname{sen} 2\alpha d\alpha$$

e

$$(19) \quad W_n = \frac{\eta \lambda_0^2}{4 \pi} I_r(f_0) \frac{2}{\tau}$$

ove:

- $R_0$  è la profondità massima da misurare;
- $a$  è la costante di attenuazione per assorbimento della intensità sonora in acqua di mare;
- $\tau$  è la durata dell'impulso emesso;
- $\varphi_0(\alpha, \beta)$  è la equazione che esprime le proprietà direttive del trasduttore impiegato in funzione delle coordinate angolari  $\alpha$  e  $\beta$ ;
- $\eta$  è il rendimento di conversione elettroacustico ed acustico-elettrico del trasduttore;
- $G_0$  è il guadagno in trasmissione ed in ricezione del trasduttore alla frequenza di funzionamento;
- $I_r(f_0)$  è la intensità acustica spettrale del rumore presente in ricezione;
- $m_0$  il coefficiente di riflessione del fondo;
- $W_e$  la potenza elettrica conferita al trasduttore durante la emissione dell'impulso.



Se ne può concludere che si potrà eseguire la misura di fondali di profondità  $\leq R_{0m}$  se è:

$$(20) \quad \frac{\eta W_e G_0 \lambda_0^2}{16 \pi^2} \frac{m_0}{2 \pi} \frac{10}{R_{0m}^2} \frac{1}{2} = \int_0^{2\pi} d\beta \int_0^{\alpha_c} \varphi_0^4(\alpha, \beta) \sin 2\alpha d\alpha = \varepsilon \frac{\lambda_0^2}{4 \pi} I_r(f_0) \frac{2}{\tau}$$

ossia:

$$(21) \quad \frac{R_{0m}^2 \frac{10}{\pi} \frac{2}{\pi} R_{em}}{\tau \int_0^{2\pi} d\beta \int_0^{\alpha_c} \varphi_0^4(\alpha, \beta) \sin 2\alpha d\alpha} = \frac{\eta G_0^2 W_e}{16 \pi I_r(f_0)} \frac{m_0}{\varepsilon 2 \pi}$$

Se, come ricorre sovente in pratica, la caratteristica di direttività è simmetrica rispetto alla direzione  $\alpha = 0$  di massima « risposta » del trasduttore, la (21) più semplicemente diventa:

$$(21') \quad \frac{R_{0m}^2 \frac{10}{\pi} \frac{2}{\pi} R_{em}}{\tau \int_0^{\alpha_c} \varphi_0^4(\alpha) \sin 2\alpha d\alpha} = \frac{\eta G_0^2 W_e}{8 I_r(f_0) \varepsilon} \frac{m_0}{2 \pi}$$

Ponendo per semplicità

$$(22) \quad \left\{ \begin{aligned} \Phi(R_{0m}, \tau) &= \int_0^{2\pi} d\beta \int_0^{\alpha_c} \varphi_0^4(\alpha, \beta) \sin 2\alpha d\alpha \\ P &= 10 \log \frac{\eta G_0^2 W_e}{16 \pi I_r(f_0) \varepsilon} \\ T &= 10 \log \frac{m_0}{2 \pi} \end{aligned} \right.$$

La (21) può porsi sotto la forma logaritmica:

$$(23) \quad 20 \log R_{0m} + 2 \alpha R_{0m} - 10 \log \tau - 10 \log \Phi(R_{0m}, \tau) = P + T$$

Il valore di  $\Phi(R_{0m}, \tau)$  potrà essere in ogni caso calcolato graficamente.

La (21) consente di determinare, noto  $R_{0m}$ , uno qualunque dei parametri che nella stessa compaiono quando siano noti i valori di tutti gli altri.

Per la pratica utilizzazione della (21) è opportuno rilevare quanto segue:

1) La definizione della funzione  $\varphi_0(\alpha, \beta)$  e quindi del valore di  $G_0$  e, in definitiva, del rapporto tra le dimensioni lineari e la lunghezza d'onda, dovrà essere effettuata in modo da contenere il valore dell'area esplorata entro il limite assegnato.

A questo scopo è opportuno calcolare i valori della funzione  $\gamma_0(\alpha, \beta) = \varphi_0^4(\alpha, \beta) \sin 2\alpha$  per alcuni rapporti tra le dimensioni del trasduttore e la lunghezza d'onda e, quindi, per ciascuno dei detti diagrammi determinare analiticamente o graficamente la funzione

$$\Sigma(\alpha, \beta) = \int_0^{2\pi} d\beta \int_0^{\alpha} \gamma_0(\alpha, \beta) d\alpha.$$

La funzione,  $\Sigma(\alpha, \beta)$ , così ottenuta, potrà essere uti-

lizzata in conformità della (18) per il calcolo degli integrali definiti tra 0 ed  $\alpha$  per  $\alpha \leq \alpha_c$  e tra  $\alpha$  ed  $\alpha'$  per  $\alpha > \alpha_c$ , necessari per la definizione dei diagrammi della potenza d'eco in funzione di  $\alpha$  per i diversi valori di  $\tau$  e per la massima profondità,  $R_{0m}$ , da misurare.

I valori di  $\alpha$  e delle differenze  $\alpha - \alpha'$  saranno calcolabili, rispettivamente, colle (14) e (16).

È da rilevare il fatto che i diagrammi delle potenze di eco, così ottenute, e corrispondenti a valori diversi di  $\tau$  possono, indifferentemente, considerarsi come corrispondenti, se letti in opportune scale, ad un medesimo valore di  $\tau$  ed a diversi valori di  $R_0$ .

Per le (13), (14), e (16), infatti, i valori sia di  $\alpha \leq \alpha_c$  che delle differenze  $\alpha - \alpha'$  corrispondenti a due diversi valori  $\tau_1$ , e  $\tau_2$  di  $\tau$  sono uguali ai valori che corrispondentemente si deducono per due profondità  $R_{01}$  ed  $R_{02}$  tali che sia

$$\frac{R_{01}}{R_{02}} = \frac{\tau_2}{\tau_1}.$$

Se, allora, si conosce il valore della sensibilità differenziale del sistema di rivelazione da impiegare, è possibile determinare, per i prescelti rapporti tra le dimensioni del trasduttore e la lunghezza d'onda, corrispondenti valori delle aree esplorate, degli errori massimo e minimo e dell'accuratezza ottenibile; detti valori potranno intendersi, indifferentemente, riferiti, per quanto suddetto, a diversi valori di  $\tau$  per una stessa  $R_0$  od a diversi valori di  $\tau$  per diverse  $R_0$ .

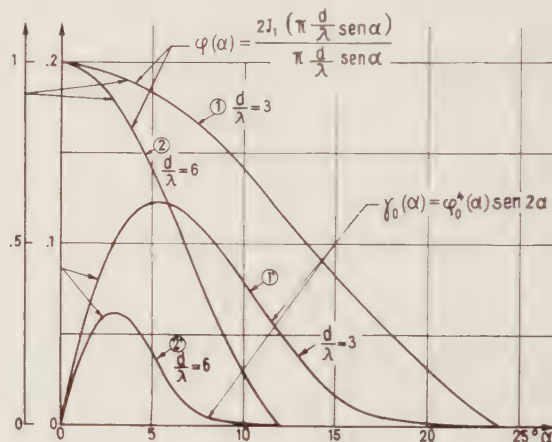


Fig. 5.

Così per esempio in fig. 5 sono riportate le caratteristiche di direttività  $\varphi_0(\alpha)$  di un trasduttore ricetrasmittente di superficie irradiante di forma piana e circolare e per rapporto  $d/\lambda$  tra il diametro e la lunghezza d'onda eguali a 3 e 6.

È ben noto che in questo caso è [2]

$$\varphi_0(\alpha) = \frac{2 J_1\left(\pi \frac{d}{\lambda} \sin \alpha\right)}{\pi \frac{d}{\lambda} \sin \alpha}$$

ove  $J_1$  è la funzione di Bessel [3] di ordine 1 dell'argomento  $\pi \frac{d}{\lambda} \sin \alpha$ . Nella stessa figura sono stati inoltre tracciati i corrispondenti diagrammi di  $\gamma_0(\alpha) = \varphi_0^4(\alpha) \sin 2\alpha$ .

Nella fig. 6 è riportata la funzione

$$\Sigma(\alpha) = 2 \pi \int_0^{\alpha} \gamma_0(\alpha) d\alpha$$

ottenuta per integrazione grafica della  $\gamma_0(\alpha, \beta)$  e per  $d/\lambda = 3$ ; essa è stata utilizzata per il calcolo del diagramma della potenza d'eco in funzione di  $\alpha$  per  $R_{0m} = 1000$  m e  $\tau = 0,8 - 1,8 - 3,2 - 5 - 7,2$  e  $9,8$  millisecondi. Nella fig. 7 sono invece riportate le analoghe funzioni per  $d/\lambda = 6$ .

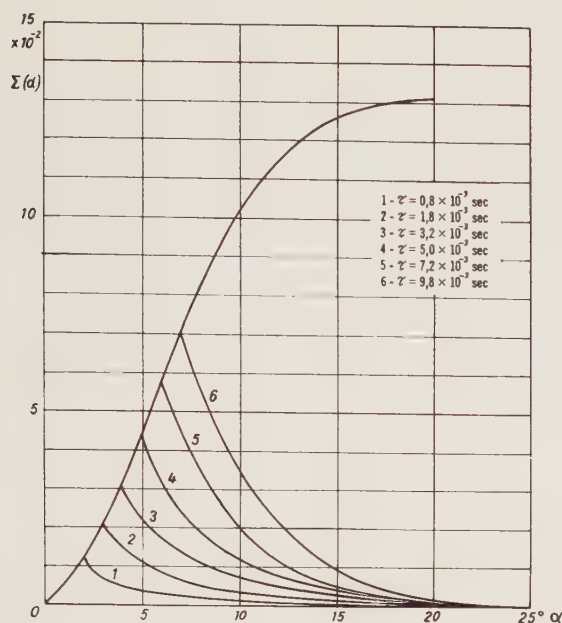


Fig. 6.

Per quanto si è già rilevato gli anzidetti diagrammi possono considerarsi, se letti in opportuna scala, corrispondenti al medesimo valore di  $\tau$  per esempio  $0,8$  millisecondi, ed a valori di  $R_0$  rispettivamente di  $1000$ ,  $445$ ,  $250$ ,  $160$ ,  $110$  e  $81,5$  m.

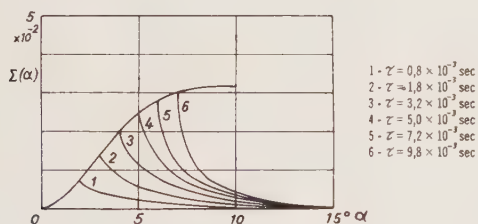


Fig. 7.

Nella fig. 8 sono stati calcolati e riprodotti i diagrammi relativi ai valori delle aree esplorate, corrispondenti a  $d/\lambda = 3$  e  $d/\lambda = 6$  e per le diverse durate di impulso dianzi indicate.

Essi pongono bene in evidenza alcuni aspetti notevoli del fenomeno, e precisamente:

a) uno stesso valore dell'area esplorata può essere ottenuto con maggiori valori di  $\tau$  e maggiori valori di  $d/\lambda$  e viceversa; minori valori di  $\tau$  comportano maggiori valori della potenza di rumore presente in ricezione e quindi, a parità di profondità massima  $R_{0m}$  da misurare, maggiori valori della potenza elettrica da conferire al trasduttore durante l'impulso e, per ciò, maggiori costi e dimensioni delle apparecchiature elettroniche costituenti l'apparato. Al contrario, maggiori valori di  $\tau$  e maggiori valori di  $d/\lambda$  comportano, per le stesse ragioni, minori costi e dimensioni delle apparecchiature elettroniche e maggiori costi e dimensioni del trasduttore elettroacustico da adottare.

b) in linea di massima si può ritenere che maggiori valori di  $\tau$  comportano precisione e accuratezza minori;

c) la riduzione della durata di impulso oltre determinati limiti mentre è causa delle difficoltà ora accennate può, per converso non comportare adeguati benefici nei riguardi del valore dell'area esplorata.

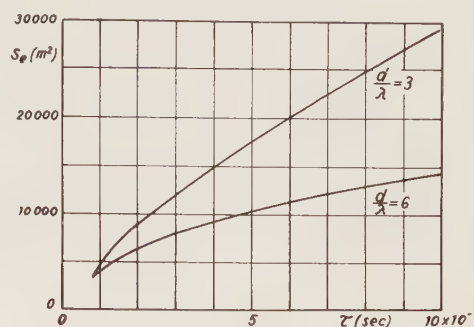


Fig. 8.

Da tutto quanto sopra si può concludere che la scelta del valore di  $\tau$  in rapporto a quello di  $d/\lambda$  deve essere il risultato di un compromesso sia tecnico-funzionale che economico che caratterizza la bontà della progettazione.

2) Circa la scelta della frequenza di funzionamento si rimanda alle considerazioni svolte nella bibliografia [1]; essa è, comunque, generalmente compresa tra i  $15$  e  $40$  kHz.

3) Il valore del termine  $m_0/2\pi$  che compare nella (21) è evidentemente variabile sia colla natura del fondo (roccioso, sabbioso, fangoso o misto) che colla frequenza di lavoro. In mancanza di dati più precisi inerenti alle zone di impiego si può assumere un valore prudenziale di  $-10$  dB.

4) Il valore del livello della intensità spettrale dell'onda piana equivalente al rumore presente in ricezione dipende, come si è detto, dal tipo di natante al quale l'apparecchiatura è destinata, dalle sue caratteristiche strutturali, dalla sua stazza, dalla potenza e dal tipo di motori di propulsione e dalla velocità massima di impiego. In mancanza di rilievi precisi sui tipi di unità cui l'apparecchiatura è destinata si può assumere un valore di  $30 \div 40$  dB al di sopra del livello della intensità spettrale del rumore del mare per forza 3 relativo alla frequenza di funzionamento.

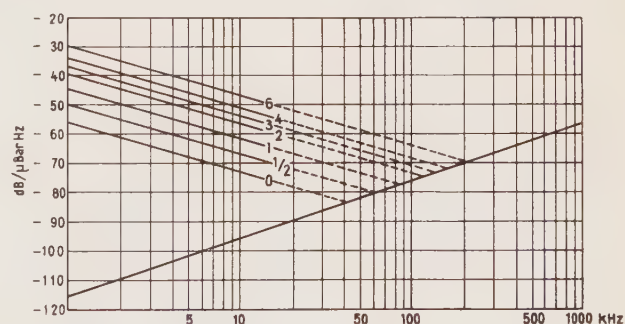


Fig. 9.

In fig. 9 sono riprodotti i diagrammi del livello della intensità spettrale del rumore del mare per diverse condizioni in funzione della frequenza [4].

5) La definizione del valore di  $\epsilon$  può essere evidentemente effettuata soltanto in relazione al particolare sistema di rivelazione dell'eco che si prevede di impiegare. Poiché i sistemi all'uopo impiegati hanno un determinato valore di « dinamica », il valore di  $\epsilon$  potrà prudentemente coincidere col valore della « dinamica » del sistema di rivelazione.

Così, per esempio, nel caso, in pratica assai frequente,



in cui il sistema di rivelazione sia costituito da una penna scrivente su carta elettrosensibile il valore di  $\varepsilon$  potrà coincidere col rapporto tra la potenza del segnale che determina la massima intensità di annerimento della carta e la potenza del segnale che, praticamente, non ne provoca.

Il valore di  $\varepsilon$  è, in questo caso, dipendente dalla velocità di scrittura della pennina che si deduce dal valore di  $R_{0m}$  e dalle dimensioni lineari della scala di lettura. In fig. 10 è stato riportato, per esempio, un diagramma caratteristico di un tipo di carta elettrosensibile denominato Alfax tipo A prodotto dalla « Alden Electronic and impulse recording equipments »; ivi sono rappresentati in funzione della velocità di scorrimento della pennina i valori di corrente che determinano l'intera dinamica di annerimento.

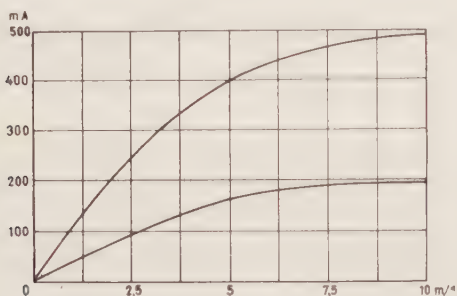


Fig. 10.

Posto tutto quanto sopra è possibile determinare dalla (21) il valore della potenza elettrica da conferire durante l'impulso essendo noti tutti gli altri parametri che nella stessa compaiono.

Così per esempio: siano da determinare le caratteristiche fondamentali di un ecoscandaglio capace di misurare fondali marini della profondità massima di 1000 m e per il quale l'area esplorata risulti non maggiore di 3500 m<sup>2</sup>, supponendo di volere impiegare un trasduttore ricetrasmittente di forma piana e circolare.

Dal diagramma di fig. 8 risulta che il predetto valore dell'area esplorata non viene superato per una profondità di 1000 m se si assume, per esempio,  $d/\lambda = 3$  e  $\tau = 0,8 \times 10^{-3}$  sec. La frequenza di funzionamento sia di 30 kHz e quindi la lunghezza d'onda,  $\lambda$ , di 5 cm. Si assume

$$\Delta f = \frac{2}{\tau} = 2500 \text{ Hz.}$$

Il guadagno sia in trasmissione che in ricezione  $G_0$  sarà per la (33) eguale a 90. La costante di assorbimento  $\alpha$  risulta per la (29) di 0,00674 dB/m.

Il valore di  $\Phi(R_{0m}, \tau)$  di cui alla prima delle (22) che si deduce dai diagrammi di cui alla fig. 6 per  $R_{0m} = 1000$  m,  $d/\lambda = 3$  e  $\tau = 0,8 \times 10^{-3}$  s risulta  $1,2 \times 10^{-2}$ . Se si assume un valore del livello della intensità spettrale maggiore di 40 dB del livello della intensità spettrale del rumore del mare per forza 3 a 30 kHz e quindi come risulta dai diagrammi di fig. 8 di  $-103$  dB/Joule/m<sup>2</sup>·ciclo circa,  $m_0/2\pi = -10$  dB ed  $\varepsilon = 10$  dB, dalla (21) si ricava  $\eta W_e = 100$  W circa. Se si ammette un rendimento di  $0,25 \div 0,3$  la potenza elettrica da conferire al trasduttore risulta  $350 \div 400$  W circa e la corrispondente energia di  $0,28 \div 0,32$  Joule.

Ben diverso valore assumerebbe naturalmente la potenza elettrica da conferire al trasduttore nel caso di apparecchiature destinate a postazioni fisse quali, per esempio, piccole apparecchiature portatili per usi speciali ecc.

La intensità spettrale dell'onda piana equivalente al rumore risulterebbe in questo caso di gran lunga inferiore ed al limite si ridurrebbe al valore corrispondente al rumore del mare. La potenza elettrica necessaria a parità di tutte le altre condizioni precisate nell'esempio nume-

rico precedente risulterebbe, naturalmente, proporzionalmente inferiore.

Si intravede quindi, grazie anche all'impiego dei transistor, la possibilità di realizzare apparecchiature per la misura di profondità, anche notevoli, destinati ad usi speciali con dimensioni, pesi e consumo di energia veramente modesti.

Così pure nel calcolo numerico precedente si è supposto di eseguire la misura della profondità del fondo con probabilità eguale ad 1 e con una sola esplorazione.

È noto [5] che la stessa misura può essere eseguita con eguale probabilità di successo se si utilizza un sistema di rivelazione persistente e si ammette di potere eseguire la misura con più di una esplorazione, grazie all'effetto di correlazione visuale tra le tracce corrispondenti alle diverse esplorazioni. A parità di probabilità di rivelazione del segnale il rapporto tra la potenza del segnale e del rumore all'uso necessario diminuisce di circa 2 dB per ogni raddoppiamento del numero delle esplorazioni se si utilizza, per esempio, un sistema di rivelazione a carta elettrosensibile. Ciò, si intende, vale entro i limiti di capacità di accettazione simultanea dell'occhio umano.

#### 4. - VERIFICHE.

I parametri elettroacustici determinati nel modo descritto nel punto precedente devono essere assoggettati a due verifiche fondamentali:

1) La potenza acustica irradiata per unità di superficie del trasduttore deve essere tale da non determinare fenomeni di cavitazione. Per ciò basta che la pressione acustica di picco dovuta all'impulso non sia maggiore della pressione idrostatica,  $p_i$ , esistente alla quota di immersione del trasduttore. La intensità acustica massima ammissibile sulla superficie irradiante del trasduttore dipende quindi dalla quota di immersione di questo e risulta evidentemente

$$I_m = \frac{0,5 p_i^2}{\rho c}$$

ove  $\rho c$  è la resistenza acustica del mezzo, eguale per l'acqua di mare a 153500 grammi massa/cm<sup>2</sup> s.

Per una sistemazione in cui il trasduttore risulti immerso ad una profondità di 4 m sotto il livello del mare è  $p_i \approx 1,4$  dine/cm<sup>2</sup> ed il corrispondente valore della intensità massima è

$$I_m = \frac{0,5 \times 1,96 \times 10^{12}}{1,53 \times 10^5} = 6,4 \times 10^6 \text{ erg/cm}^2 \text{ s} = 0,64 \text{ W/cm}^2.$$

Nel caso dell'esempio numerico precedente si sarebbe ottenuto:

$$I_m = \frac{100}{3,14 \times 7,5^2} = 0,55 \text{ W/cm}^2.$$

2) La potenza elettrica,  $W_u$ , del segnale d'eco prodotto dal fondo deve essere, per tutte le profondità da misurare maggiore della potenza,  $W_r$ , del segnale prodotto dalla « riverberazione di volume ». Questa può essere calcolata colla (52) in Appendice e si ha:

$$(24) \quad W_r = \frac{\eta^2 W_e G_0^2 \lambda_0^2}{16 \pi^2} \cdot \frac{m_r c \tau}{2} \cdot \frac{10}{R_0^2} \cdot \frac{1}{G_{tr}}$$

ove è

$$(25) \quad G_{tr} = \frac{4 \pi}{\int_0^{2\pi} d\beta \int_0^{\pi/2} \varphi_0^4(\alpha, \beta) \sin \alpha d\alpha}$$

il « guadagno in trasmissione-ricezione » del trasduttore impiegato.

Nel caso di trasduttore a superficie irradiante circolare si ha ovviamente

$$(25') \quad G_{tr} = \frac{2}{\int_0^{\pi/2} \varphi_0^4(\alpha) \sin \alpha d\alpha}.$$

Il coefficiente  $m_r$  raramente supera  $10^{-4} \div 10^{-5} \text{ m}^{-1}$  [7] ma i valori di  $W_r$  riscontrabili in pratica per talune profondità particolari possono risultare, a causa della presenza di stratificazioni orizzontali di densità notevolmente differenziata e probabilmente costituite da microorganismi viventi, maggiori di  $10 \div 20 \text{ dB}$  dei valori deducibili dalla (24); è perciò opportuno che la potenza di segnale  $W_n$  sia  $30 \div 40 \text{ dB}$  maggiore della potenza,  $W_r$ , del disturbo dovuto alla riverberazione.

Per il calcolo della potenza del segnale d'eco secondo la (18) la integrazione rispetto ad  $\alpha$  va, naturalmente, eseguita tra gli estremi  $0$  ed  $\alpha_c$ ; e poichè  $\alpha_c$  cresce al diminuire della profondità per le (18) e (24) è sufficiente che la detta verifica sia eseguita per la profondità massima  $R_{0m}$ .

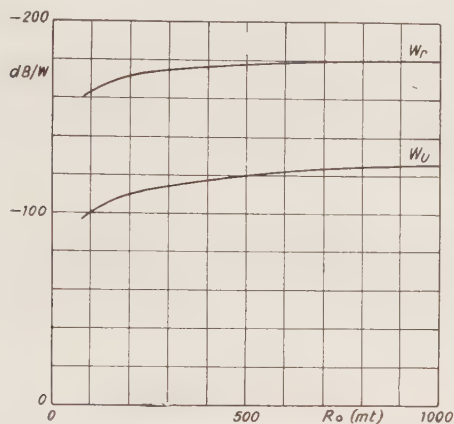


Fig. 11.

In fig. 11 sono riportati i diagrammi di  $W_u$  e  $W_r$  relativi all'esempio numerico precedente per  $m_r = 10^{-5} \text{ m}^{-1}$ ,  $\eta = 0,25$  e  $W_e = 400 \text{ W}$ . Il valore di  $G_{tr}$ , calcolato graficamente, per  $d/\lambda = 3$  risulta di 200 circa.

## APPENDICE

### I. - POTENZA D'ECO.

Da rilievi sperimentali eseguiti [6] e [7] sembra giustificato, ai fini del fenomeno di formazione dell'eco, considerare i fondi marini costituiti da infiniti riflettori elementari uniformemente distribuiti sulla superficie ed agenti con fase variabile con legge casuale.

Come è noto, in questo caso, la intensità dell'eco riflessa è la somma delle intensità delle onde riflesse dagli infiniti riflettori elementari componenti.

Detta perciò  $I_t$  la intensità dell'onda incidente con direzione  $\alpha$  su una siffatta superficie  $S$ , la intensità  $I_r$  dell'onda riflessa all'unità di distanza è

$$(26) \quad I_r = \frac{I_t \times S \times m(\alpha)}{2 \pi}.$$

Il coefficiente  $m(\alpha)$ , funzione dell'angolo di incidenza  $\alpha$ , converte, sostanzialmente, la superficie riflettente  $S$  nella superficie, somma delle proiezioni delle superfici dei riflettori elementari sulla direzione normale ad  $\alpha$ ; esso

è pertanto un numero puro. Dagli stessi rilievi sperimentali sopracitati risulta che la dipendenza di  $m$  da  $\alpha$  è espressa, generalmente, con buona approssimazione dalla espressione:

$$(27) \quad m = m_0 \cos \alpha.$$

Il coefficiente  $m/2\pi$  rappresenta, invece, il rapporto tra l'intensità sonora incidente e la intensità dell'onda riflessa dall'unità di area all'unità di distanza da essa; il suo valore è generalmente espresso in decibel.

Si supponga allora, come in fig. 12 che il trasduttore  $T$ , distante  $R_0$  dal fondo, emetta un impulso di energia acustica di durata  $\tau$ .

Una generica areola infinitesima  $dS$ , delimitata dalle due circonferenze con centri sulla proiezione ortogonale di  $T$  e raggi

$$R_0 \operatorname{tg} \alpha \text{ ed } R_0 \operatorname{tg} \alpha + \frac{d(R_0 \operatorname{tg} \alpha)}{d\alpha} d\alpha,$$

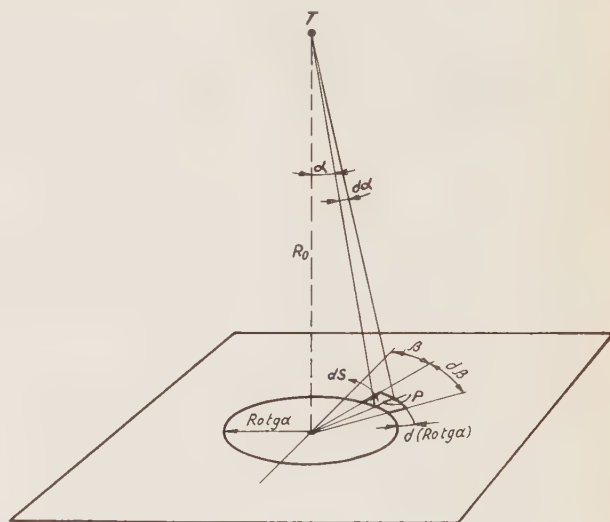


Fig. 12.

e dai due raggi di direzioni  $\beta$  e  $\beta + d\beta$ , avrà superficie

$$(28) \quad dS = R_0 \operatorname{tg} \alpha d\beta d(R_0 \operatorname{tg} \alpha) = \frac{R_0^2}{\cos^2 \alpha} \operatorname{tg} \alpha d\beta d\alpha.$$

Denotati allora con

- $W_e$  la potenza elettrica conferita al trasduttore durante l'impulso di emissione;
- $\eta$  il rendimento di conversione elettroacustica;
- $\varphi_0(\alpha, \beta)$  la funzione « caratteristica di direttività » normalizzata all'unità del trasduttore per la frequenza di funzionamento,  $f_0$ ; (dato il carattere di reversibilità dei trasduttori generalmente impiegati in pratica la funzione  $\varphi_0(\alpha, \beta)$  esprimerà le proprietà direttive in trasmissione ed in ricezione del trasduttore);
- $G_0$  il corrispondente valore del guadagno sia in trasmissione che in ricezione;
- $a$  la costante di assorbimento della intensità acustica in acqua di mare calcolabile colla formula teorico-empirica [8]

$$(29) \quad a = (0,22 f_0 + 0,000165 f_0^2) 10^{-3} \text{ dB/m, con } f, \text{ in kHz;}$$

la intensità acustica esistente in un punto  $P$  dell'areola  $dS$  in seguito all'emissione dell'impulso sarà:

$$(30) \quad I_t = \frac{G_0 \eta W_e}{4 \pi R_0^2} \cos^2 \alpha \varphi_0^2(\alpha, \beta) 10^{-\frac{a}{10} \frac{R_0}{\cos \alpha}}.$$



Per le (26) e (28), la intensità dell'onda conseguentemente riflessa all'unità di distanza da  $P$  sarà:

$$(31) \quad I_{R1} = \frac{I_t d S m(\alpha)}{2 \pi} = \frac{G_0 \eta W_0}{4 \pi} \cdot \frac{m(\alpha)}{2 \pi} \cdot \frac{a}{10} \frac{R_0}{\cos \alpha} d \alpha d \beta \cdot \varphi_0^2(\alpha, \beta) \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta$$

La intensità dell'onda riflessa nel punto di ubicazione del trasduttore sarà quindi

$$(32) \quad I_R = \frac{I_{R1}}{R^2} = \frac{a}{10} \frac{R}{10} = \frac{G_0 \eta W_0}{4 \pi R_0^2} \cdot \frac{m(\alpha)}{2 \pi} \cdot \frac{1}{2} \varphi_0^2(\alpha, \beta) \operatorname{sen} 2 \alpha \cdot \frac{a}{10} \frac{R_0}{\cos \alpha} d \alpha d \beta$$

È ben noto che se il rapporto tra le dimensioni lineari (il diametro, nel caso di forma circolare) del trasduttore e la lunghezza d'onda,  $\lambda_0$ , è  $\geq 2$ , come accade nelle applicazioni che interessano, la superficie attiva del trasduttore è

$$(33) \quad S_t = \frac{G_0 \lambda_0^2}{4 \pi}$$

La potenza elettrica disponibile ai morsetti del trasduttore  $T$  per effetto dell'onda riflessa, assumendo eguale ad  $\eta$  anche il rendimento acustico-elettrico, sarà:

$$(34) \quad d W_u = \eta I_r \frac{G_0 \lambda_0^2}{4 \pi} \varphi_0^2(\alpha, \beta) = \frac{\eta^2 W_0 G_0^2 \lambda_0^2}{16 \pi^2 R_0^2} \cdot \frac{m(\alpha)}{2 \pi} \cdot \frac{1}{2} \frac{a}{10} \frac{R_0}{\cos \alpha} \cdot \varphi_0^4(\alpha, \beta) \operatorname{sen} 2 \alpha d \alpha d \beta$$

La potenza elettrica totale disponibile per effetto delle riflessioni sarà quindi l'integrale della (34) esteso alla superficie contemporaneamente riflettente.

In un generico istante  $t' < \tau$ , cui corrisponda un angolo di visuale  $\alpha$  della curva limite dell'area riflettente, essa risulterà perciò:

$$(35) \quad W_u = \frac{\eta^2 W_0 G_0^2 \lambda_0^2}{16 \pi^2 R_0^2} \cdot \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} d\beta \int_0^\alpha \frac{m(\alpha)}{2 \pi} \cdot \frac{a}{10} \frac{R_0}{\cos \alpha} \varphi_0^4(\alpha, \beta) \operatorname{sen} 2 \alpha d \alpha$$

Il valore massimo della potenza d'eco si otterrà ponendo come limite superiore della seconda integrazione della (35)  $\alpha = \alpha_c$ ; per un generico istante  $t' > \tau$  i limiti di integrazione dovranno essere, in base a quanto si è rilevato nel comma secondo, gli angoli visuali  $\alpha'$  ed  $\alpha$  dell'ecurve limiti interno ed esterno dalla corrispondente area riflettente.

Ad una notevole semplificazione formale della (35) si può pervenire tenendo conto del fatto, che, come si è detto, in pratica  $\alpha$  è generalmente minore di  $20 \div 25^\circ$ .

Poichè la legge di dipendenza del coefficiente  $m(\alpha)$  da  $\alpha$  può essere espressa con buona approssimazione dalla (27), si può ritenere che esso risulti praticamente costante ed eguale a  $m_0$ . Per la stessa ragione si può porre con errore certamente compatibile colla precisione richiesta dai calcoli pratici,  $\cos \alpha = 1$  nell'esponenziale di cui al 2° membro della (35) che perciò diviene:

$$(36) \quad W_u = \frac{\eta^2 W_0 G_0^2 \lambda_0^2}{16 \pi^2} \cdot \frac{m_0}{2 \pi} \cdot \frac{a}{10} \frac{R_0}{R_0^2}$$

$$\cdot \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} d\beta \int_0^\alpha \varphi_0^4(\alpha, \beta) \operatorname{sen} \alpha d \alpha$$

## II. - POTENZA DI RUMORE.

La potenza di disturbo presente in ricezione dipende da cause diverse prime tra le quali certamente sono: il rumore ambientale del mare, il rumore prodotto dai motori di propulsione della imbarcazione sulla quale l'apparato è installato, rumore che raggiunge il trasduttore sia attraverso l'acqua che attraverso le strutture metalliche di scafo, il rumore causato da eventuali fenomeni di cavitazione determinati dal trasduttore medesimo o da parti viciniori dello scafo e, infine, il rumore dovuto al rimescoglimento aria-acqua conseguente all'onda di avanzamento della imbarcazione.

Detta  $I_r(f)$  la intensità spettrale dell'onda piana equivalente al disturbo globalmente generato dalle diverse cause di rumore e relativa ad una generica frequenza di funzionamento  $f$  compresa entro la banda passante  $\Delta f = f_2 - f_1$  del sistema ricevente, la potenza di rumore entro la banda  $\Delta f$  con centro in  $f$ , sarà per la (33) e per la definizione stessa di « guadagno in ricezione »

$$(37) \quad d W_n = \eta I_r(f) \frac{\lambda^2}{4 \pi} d f$$

ove si è denotata con  $\lambda$  la lunghezza d'onda corrispondente alla generica frequenza,  $f$ , considerata. La potenza elettrica totale entro la intera banda passante, sarà

$$(38) \quad W_n = \frac{\eta c^2}{4 \pi} \int_{f_1}^{f_2} \frac{I_r(f)}{f^2} d f$$

I rumori dovuti alle diverse cause sopraindicate sono caratterizzati dal fatto che la pendenza del « livello » della intensità spettrale in funzione della frequenza è costante; denotata con  $s$  tale pendenza si potrà allora porre:

$$(39) \quad I_r(f) = I_r(f_0) \left( \frac{f}{f_0} \right)^s$$

La (38) diviene allora:

$$(40) \quad W_n = \frac{\eta c^2}{4 \pi} \frac{I_r(f_0)}{f_0^s} \int_{f_1}^{f_2} f^{s-2} d f = \frac{\eta c^2}{4 \pi} \frac{I_r(f_0)}{(s-1) f_0^s} (f_2^{s-1} - f_1^{s-1})$$

Se si introduce il coefficiente

$$K = \sqrt{\frac{f_2}{f_1}}$$

e la frequenza

$$f_g = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$$

media geometrica delle due frequenze  $f_1$  ed  $f_2$  che delimitano la banda, la (40) può porsi sotto la forma:

$$(41) \quad W_n = \frac{\eta \lambda_g^2 I_r(f_g)}{4 \pi} \cdot f_g \left[ \frac{K^{2(s-1)} - 1}{(s-1) K^{s-1}} \right]$$

in cui  $\lambda_g$  è la lunghezza d'onda corrispondente alla frequenza  $f_g$ . Essendo

$$f_2 - f_1 = \Delta f = \frac{K^2 - 1}{K} f_g$$

la (41) assume la forma:

$$(42) \quad W_n = \frac{\eta \lambda_0^2}{4 \pi} I_r(f_0) \Delta f \cdot \left[ \frac{K}{K^2 - 1} \cdot \frac{K^{2(s-1)} - 1}{(s-1) K^{s-1}} \right].$$

La potenza di rumore  $W_n$  può quindi essere valutata come se la intensità spettrale del rumore fosse, entro tutta la banda  $\Delta f$ , costante ed eguale al valore che la stessa assume per  $f = f_0$  e la larghezza di banda equivalente dal punto di vista energetico fosse il prodotto della larghezza di banda effettiva per il termine correttivo tra le parentesi al secondo membro della (42). Si potrà, tuttavia, rilevare che nella quasi generalità delle applicazioni, il  $Q$  meccanico dei trasduttori è compreso tra 5 e 10; sarà quindi certamente

$$\frac{f_0}{f_0} \leq \sqrt{1 - \frac{1}{4 Q^2}}$$

e si potrà perciò ritenere che sia praticamente  $f_0 = f$  ed il termine correttivo anzidetto eguale all'unità.

Ed inoltre: la larghezza di banda  $\Delta f$  dovrà essere definita in modo che essa risulti, almeno, sufficiente perchè l'impulso di emissione, di durata  $\tau$ , non subisca attenuazioni determinate da difetto di banda. Per una migliore riconoscibilità del segnale nel disturbo è però conveniente, se possibile, adottare una larghezza di banda doppia di quella deducibile in base alla condizione anzidetta. In pratica si avrà quindi:

$$(43) \quad \frac{1}{\tau} \leq \Delta f \leq \frac{2}{\tau}.$$

Ponendo

$$\Delta f = \frac{2}{\tau} \text{ e } f_0 = f_0$$

ed il coefficiente correttivo eguale all'unità la (42) diviene:

$$(42') \quad W_n = \frac{\eta \lambda_0^2}{4 \pi} I_r(f_0) \frac{2}{\tau}.$$

### III. - LA POTENZA DEL DISTURBO DI RIVERBERAZIONE DI VOLUME.

Si suppone che il segnale prodotto dalla riverberazione di volume sia causato dalla presenza di infiniti riflettori elementari uniformemente distribuiti nel mezzo di propagazione e riflettenti con fase variabile con legge casuale.

La potenza totale del segnale di riverberazione sarà perciò la somma delle potenze riflesse dagli infiniti riflettori elementari.

Si consideri un elemento di volume  $dV$  come in fig. 13 attiguo ad un certo punto  $P$  di coordinate polari  $R_0, \alpha, \beta$ .

La intensità acustica determinata in  $P$  dall'impulso di emissione è

$$(44) \quad I_t = \frac{\eta G_0 W_e}{4 \pi R_0^2} - \frac{a}{10} R_0 \varphi_0^2(\alpha, \beta).$$

La potenza acustica riflessa all'origine dall'elemento stesso è

$$(45) \quad dW = I_t m_r dV = \frac{\eta W_e}{4 \pi R_0^2} - \frac{a}{10} R_0 \cdot \varphi_0^2(\alpha, \beta) m_r dV.$$

Il coefficiente  $m_r$  converte, sostanzialmente, il volume  $dV$  nella somma delle sezioni rette dei riflettori elementari contenuti entro  $dV$ ; esso ha pertanto la dimensione dell'inverso di una lunghezza.

Essendo come risulta dalla fig. 13,

$$(46) \quad dV = R_0^2 \sin \alpha d\alpha d\beta dR_0$$

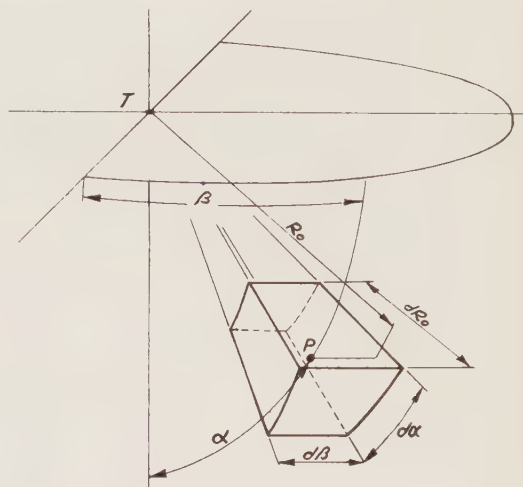


Fig. 13.

la (45) diviene

$$(47) \quad dW = \frac{\eta G_0 W_e}{4 \pi} - \frac{a}{10} R_0 \cdot \varphi_0^2(\alpha, \beta) m_r \sin \alpha d\alpha d\beta dR_0$$

e la intensità dell'onda conseguentemente riflessa in  $T$  è

$$(48) \quad dI_r = \frac{dW_r}{4 \pi R_0^2} - \frac{a}{10} R_0 = \frac{\eta G_0 W_e}{16 \pi^2} - \frac{2a}{10} R_0 m_r \varphi_0^2(\alpha, \beta) \sin \alpha d\alpha d\beta dR_0$$

e la potenza elettrica disponibile ai terminali del trasduttore, tenendo conto della (33) è

$$(49) \quad dW_r = \eta dI_r \frac{G_0 \lambda_0^2}{4 \pi} \varphi_0^2(\alpha, \beta) = \frac{\eta^2 W_e G_0^2 \lambda_0^2}{16 \pi^2} \cdot \frac{10 - \frac{2a}{10} R_0}{R_0^2} \frac{1}{4 \pi} \varphi_0^4(\alpha, \beta) \sin \alpha d\alpha d\beta dR_0$$

La potenza elettrica totale riflessa dagli infiniti riflettori elementari presenti entro lo spazio si otterrà, allora, integrando la (49) tra i limiti 0 e  $2\pi$  rispetto a  $\beta$ , 0 e  $\pi/2$  rispetto a  $\alpha$ , tra  $R_0 - c\tau/4$  ed  $R_0 + c\tau/4$  rispetto ad  $R_0$ ; si ottiene perciò:

$$(50) \quad W_r = \frac{\eta^2 W_e G_0^2 \lambda_0^2}{16 \pi^2} \cdot \frac{10 - \frac{2a}{10} R_0}{R_0^2} \cdot \frac{m_r c \tau}{2} \cdot \frac{1}{4 \pi} \cdot \int_0^{2\pi} d\beta \int_0^{\pi/2} \varphi_0^4(\alpha, \beta) \sin \alpha d\alpha.$$



Essendo

$$(51) \quad \frac{4 \pi}{\int_0^{2\pi} d\beta \int_0^{\pi/2} \varphi_0^4(\alpha, \beta) \sin \alpha d\alpha} = G_{tr}$$

il « guadagno in trasmissione-ricezione » si ha

$$(52) \quad W_r = \frac{\eta^2 W_e G_0^2 \lambda_0^2}{16 \pi^2} \cdot \frac{10^{-2} R_0}{R_0^2} \frac{m_r c \tau}{2} \frac{1}{G_{tr}}$$

Nel caso in cui la caratteristica di direttività sia simmetrica rispetto alla direzione di massima irradiazione, come è nel caso di trasduttore a superficie irradiente circolare piana, la (51) evidentemente si riduce a

$$(53) \quad G_{tr} = \frac{2}{\int_0^{\pi/2} \varphi_0^4(\alpha) \sin \alpha d\alpha}.$$

Manoscritto pervenuto il 20 novembre 1959.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] H. GALWAI: *Echo sounding at sea*. - I. Pitman & Sons, Ltd Londra.
- [2] E. KINSLER e A. R. FREY: *Fundamentals of acoustics*. - J. Wiley & Sons Inc., Londra, pag. 174.
- [3] E. JAHNKE e F. EMDE: *Tables of functions with formulae and curves*. - «Dover Publications», N.J., pag. 154.
- [4] R. H. MELLEN: *The thermal noise limit in the detection of underwater acoustic signals*. - «JASA», vol. 24, n. 5, settembre 1952, pag. 478.
- [5] D. G. TUCKER: *Detection of pulse signals in noise*. - «Journal British IRE», giugno 1957.
- [6] R. J. URICK: *The backscattering of sound from a harbour bottom*. «JASA», vol. 26, n. 2, marzo 1954, pag. 231.
- [7] C. F. EYRING: *Reverberation in the sea*. - «JASA», vol. 20, n. 4, luglio 1948, pag. 462.
- [8] J. A. RUMMEL: *Modern Sonar systems*. - «Electronics», gennaio 3, 1958, pag. 56.

# NOTIZIE E INFORMAZIONI

## Il Gruppo Edison 1949-1959

*Notizie ricavate dal fascicolo che la Edison ha pubblicato sotto questo titolo.*

### IL POTENZIAMENTO DEGLI IMPIANTI.

Alla fine del 1949 la potenza installata negli impianti idroelettrici del Gruppo era di 1 969 000 kW, con una producibilità di 6,1 miliardi di kWh all'anno; la capacità di invaso dei loro serbatoi stagionali equivaleva a 1 005 milioni di kWh. Alla fine del 1959 la potenza installata in detti impianti era di 3 050 000 kW, la producibilità di 8,5 miliardi di kWh, la capacità di invaso dei serbatoi stagionali di 1 781 milioni di kWh.

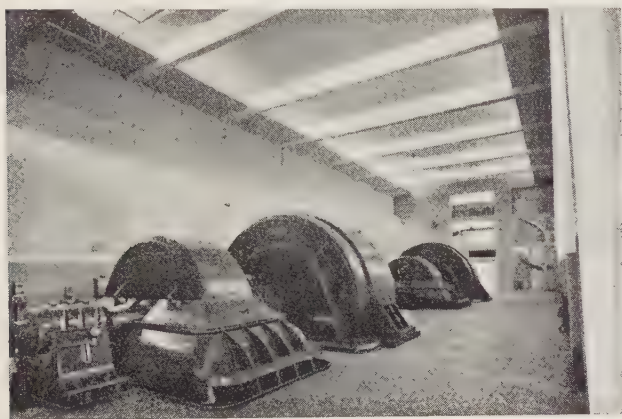


Fig. 1. — La sala macchine della centrale in caverna « ing. Piero Ferrerio » a Morasco, in Val Formazza (prov. di Novara). La potenza complessiva dei due gruppi generatori è di 44 700 kW.

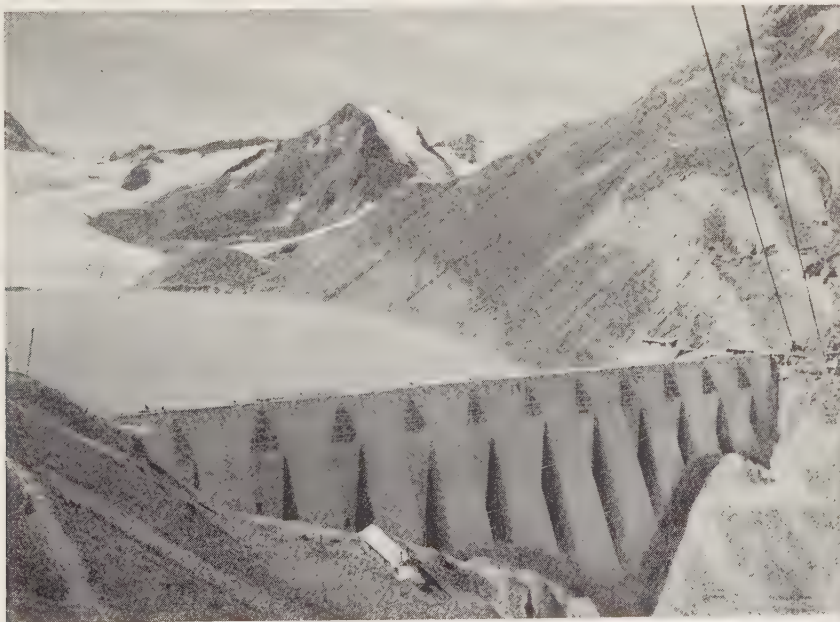


Fig. 2. — La diga e il serbatoio del Sabbione in Val Formazza.

L'aumento della potenza realizzato fra il 1949 e il 1959 è quindi del 55 % e quello della producibilità del 39 %. Questi risultati sono resi anche più significativi dal notevole miglio-

ramento del grado di regolazione — cioè del rapporto fra la energia invasabile in serbatoi stagionali e l'energia producibile — del complesso degli impianti idroelettrici. Grazie alle nuove costruzioni, esso è passato dal 16,5 % al 21 %, contribuendo positivamente ad una maggiore elasticità di esercizio degli impianti del Gruppo.

Alla fine del 1949 il Gruppo disponeva di centrali termoelettriche per una potenza installata di 146 000 kW; al 31 dicembre dello scorso anno tale potenza era di 333 000 kW, integralmente costituita da impianti costruiti nel dopoguerra.

Le maggiori potenze in giuoco hanno portato alla creazione di una nuova rete di grande trasporto alla tensione di 220 000 V, che sta gradualmente sostituendo quella preesistente, a 130 000 V, la quale, potenziata e ampliata, ha assunto in misura crescente funzioni di distribuzione.

La nuova rete aveva, alla fine del 1959, uno sviluppo di circa 1 750 km di terne. La rete a 130 000 V, che all'inizio del periodo si misurava in poco più di 4 100 km di terne, aveva quasi raggiunto i 5 300 km alla fine del decennio.

La potenza dei trasformatori installati nelle stazioni di trasformazione sulla rete di grande trasporto è passata nello stesso periodo di tempo da circa 2,8 milioni di kVA a oltre 6,1 milioni di kVA.

Anche la consistenza degli impianti di distribuzione è notevolmente aumentata in relazione allo sviluppo delle utenze collegate con le reti del Gruppo, il cui numero è salito da circa 2,2 milioni a circa 3,25 milioni.

Incrementi corrispondenti si sono avuti nel numero delle cabine allacciate, passate da poco più di 18 000 unità alla fine del 1949 a circa 27 000 alla fine del 1959. La potenza installata in queste cabine a tale data era di 3,2 milioni di kVA contro i 2 milioni di kVA di dieci anni prima.

Nel 1949 la produzione era stata di 4 914 milioni di kWh, dei quali 4 566 idroelettrici e 348 termoelettrici; l'energia immessa in rete, comprendente anche l'energia acquistata da altri produttori, era stata di 5 330 milioni di kWh. La massima potenza affidata alle reti era stata 1,1 milioni di kW.

I corrispondenti dati per il 1959 sono: produzione 10 076 milioni di kWh di cui 8 829 idroelettrici e 1 247 termoelettrici;

energia immessa nelle reti 11 429 milioni di kWh; carico massimo delle reti 2,2 milioni di kW. L'ordine di grandezza di queste cifre è doppio di quelle del 1949.



# I NUOVI IMPIANTI IDROELETTRICI.

La potenza installata degli impianti idroelettrici di nuova costruzione entrati in servizio nel periodo 1949-1959 è stata di oltre 900 000 kW, con una producibilità di 2 miliardi di kWh/anno. Inoltre sono stati rinnovati od ampliati impianti per una maggiore potenza installata di oltre 100 000 kW ed



Fig. 3. — La diga del serbatoio di Santa Giustina sul torrente Noce, nel Trentino, alta 152,5 m.

una maggior producibilità di circa 400 milioni di kWh/anno. In complesso quindi le nuove opere hanno interessato quasi 1,1 milioni di kW di potenza idroelettrica e 2,4 miliardi di kWh di producibilità annua.

Con la costruzione di 11 nuovi serbatoi la capacità complessiva dei serbatoi stagionali del Gruppo è stata elevata da 460 ad oltre 850 milioni di metri cubi, corrispondenti rispettivamente a circa 1 miliardo ed 1,8 miliardi di kWh.

Gli impianti potenziati e rinnovati e alcuni di quelli di nuova costruzione hanno completato lo sfruttamento di bacini idroelettrici già in corso di utilizzazione; altri impianti costruiti nel decennio hanno invece dato vita a sistemi idroelettrici del tutto nuovi.

Il bacino del Toce e quello dell'Oglio superiore sono fra i primi bacini alpini utilizzati dal Gruppo Edison per scopi idroelettrici.

Nel decennio considerato sono stati costruiti nel bacino del Toce nuovi impianti per una potenza installata di 55 300 kW ed una producibilità di 81,4 milioni di kWh/anno, mentre ne sono stati rinnovati od ampliati per una potenza aggiuntiva di circa 30 000 kW ed una producibilità di 70 milioni di kWh/anno. A fine 1959 il sistema, che costituisce uno dei migliori esempi di utilizzazione quasi integrale di un bacino per la produzione di energia idroelettrica, contava 41 impianti per 615 300 kW e una producibilità di 1 675 milioni di kWh/anno, dei quali 546 milioni di kWh invasabili in serbatoi (contro 385 milioni di kWh a fine 1949). È attualmente in corso di costruzione un altro impianto, quello di Varzo-Crevola (47 600 kW, 150 milioni di kWh/anno) che utilizzerà il basso corso del torrente Diveria.

Fra gli impianti realizzati meritano particolare menzione quello del Sabbione-Morasco, con la centrale «ing. Piero Ferrerio» (potenza 44 700 kW, producibilità 49 milioni di kWh/anno), quello di Cipata sul Medio Isorno, quello di Piedilago-Verampio che ha sostituito l'impianto di Crego. Fra gli impianti ampliati sono da ricordare quelli di Cadarese, con la centrale «Carlo Feltrinelli», di Villadossola I e di Piedinulera.

Nel bacino dell'Oglio superiore all'inizio del decennio in esame gli impianti idroelettrici del Gruppo erano 19 con una potenza installata di circa 300 000 kW ed una producibilità media annua di circa 1 miliardo di kWh; a fine 1959 essi sono saliti a 22 con 398 500 kW installati ed una producibilità di quasi 1,3 miliardi di kWh; l'energia invasabile nei serbatoi stagionali è passata da 254 milioni di kWh a 336 milioni di kWh. Le realizzazioni più importanti del decennio sono costituite dagli impianti di Sonico-Cedegolo (73 200 kW, 202 milioni di kWh/anno) e del Pantano d'Avio (14 100 kW, 16,7 milioni di kWh/anno) regolato da due serbatoi, quello che dà il nome all'impianto e quello del Venerocolo. Un'altra importante opera è stata la costruzione della derivazione del Narcanello, che ha incrementato la producibilità degli impianti dell'asta principale del fiume.

Su un affluente di destra dell'Oglio superiore, il Lanico, è stata installata una potenza complessiva di 8 580 kW corrispondente ad una producibilità media annua di 40,4 milioni di kWh.

Altri impianti sono stati totalmente rinnovati od ampliati; tra questi merita citazione l'impianto di Gratacasolo sul torrente omonimo.

Nel bacino del Liro-Mera cinque nuovi impianti si sono aggiunti ai due preesistenti di S. Francesco, a Mese, e di S. Bernardo. La potenza installata nelle centrali del sistema è così aumentata da 165 000 kW ad oltre 320 000 kW e la producibilità media annua da 431 a 789 milioni di kWh. I principali nuovi impianti sono quelli di Spluga-Isolato, di Isolato-Prestone, di Chiavenna e di Gordona.

Gli impianti del Liro-Mera sono ubicati nel bacino dell'Adda, dove il Gruppo ne ha realizzati anche su altri affluenti; di particolare rilievo quelli sul Bitto. Gli impianti di questo sistema sono stati costruiti prima del 1949, ma successivamente a tale anno la loro producibilità è stata aumentata con l'aggiunta di nuove derivazioni e con la costruzione di un serbatoio.

Nel bacino dell'Adda sono ancora da ricordare i lavori che hanno aumentato la producibilità delle centrali di Dossi sul fiume Serio e «Paolo Bonomi» sul torrente Varrone.

Nel bacino del Noce, dove il Gruppo Edison già possedeva le centrali di Malmagare e di Cogolo, regolate dal serbatoio del Careser sull'alto corso del torrente e la centrale di Mezzocorona sul corso inferiore, sono sorti l'impianto di Santa Giustina-Taio e quello di Palù-Cogolo. Potenza installata e producibilità di questo insieme sono in tal modo più che raddoppiate ed ammontano attualmente a 242 600 kW ed a 656 milioni di kWh/anno.

L'impianto di Santa Giustina-Taio, sul medio corso del Noce, è uno dei principali costruiti dal Gruppo Edison dopo la seconda guerra mondiale. Esso è regolato dal grande serbatoio di Santa Giustina, lungo 8 km e largo sino ad 1 km, della capacità utile di circa 172 milioni di metri cubi, formato da una diga a volta a semplice curvatura alta 152 metri e mezzo. La potenza della centrale di Taio è di 105 000 kW e la sua producibilità media annua di circa 280 milioni di kWh.

Nel bacino superiore del Noce è stato costruito il serbatoio del Pian Palù capace di invasare 15,5 milioni di metri cubi, equivalenti a 27 milioni di kWh producibili negli impianti sottostanti ed è stata creata una nuova derivazione che alimenta, nella centrale di Cogolo, due gruppi di nuova installazione della potenza complessiva di 31 200 kW, con una producibilità annua di oltre 70 milioni di kWh.

Fra i sistemi idroelettrici completamente nuovi, quello che assicura lo sfruttamento praticamente integrale dei deflussi del corso superiore del fiume Chiese, dalle sorgenti sino alla immissione nel lago d'Idro, comprende tre impianti disposti su altrettanti salti successivi, alimentati da tre serbatoi, di cui due stagionali, per una capacità complessiva utile di circa 72 milioni di metri cubi, corrispondenti a circa 224 milioni di kWh. La producibilità media annua delle tre centrali è di oltre 620 milioni di kWh/anno. L'impianto principale è quello sul secondo salto, con centrale a Cimego, alimentata da due derivazioni, con una potenza installata di 229 600 kW ed una producibilità media annua di 413 milioni di kWh. Nella centrale, oltre ad un gruppo minore sulla derivazione secon-

daria, sono installati due gruppi da 110 200 kW ciascuno, i più potenti con turbina Pelton ad asse orizzontale esistenti

Lo sfruttamento integrale ed organico delle acque del *Sarca* (inmissario del lago di Garda) e l'utilizzazione del lago na-



Fig. 4. — La diga di Malga Bissina che forma il serbaio di testa del sistema che utilizza le acque del bacino superiore del fiume Chiese. Il serbatoio ha una capacità di 60 milioni di m<sup>3</sup>.

nel mondo. La centrale di testa, a Boazzo, ha una potenza di 94 740 kW. Quella del terzo salto, a Storo, con una potenza

turale di *Molveno* quale serbatoio di regolazione fanno parte del programma della Società Idroelettrica Sarca-Molveno,



Fig. 5. — La diga di Malga Boazzo, nello stesso bacino, il cui serbatoio ha una capacità di 11,8 milioni di m<sup>3</sup>.

di 18 900 kW, ha iniziato il funzionamento nel febbraio del 1960.

alla quale il Gruppo Edison partecipa a quote eguali con la SIP. La realizzazione del programma, iniziata nel dopoguerra,



ha portato sinora all'entrata in esercizio di quattro nuovi impianti, S. Massenza I, S. Massenza II, Nembia e La Rocca, con una potenza installata complessiva di circa 400 000 kW e una producibilità annua di oltre 800 milioni di kWh (la competenza del Gruppo Edison è per la metà delle suddette cifre). In corso di costruzione è l'impianto di Torbole, che utilizzerà l'ultimo tratto del fiume Sarca ed avrà una potenza installata di circa 125 000 kW con una producibilità media annua di 300 milioni di kWh.

la fine del decennio considerato l'impianto di secondo salto, regolato da un serbatoio settimanale in località Rio Freddo, con centrale a Vinadio (potenza installata circa 60 000 kW, producibilità media annua 195 milioni di kWh).

Alla fine del 1959 era ancora in costruzione l'impianto di primo salto, con centrale a Pietraporzio (13 550 kW, 66 milioni di kWh annui).

Il sistema avrà una producibilità media annua di oltre 260 milioni di kWh.



Fig. 6. — Veduta della centrale di Cimego nel bacino superiore del fiume Chiese.

Quando sarà completo, l'intero sistema avrà una potenza di 650 000 kW con una producibilità di circa 1 400 milioni di kWh/anno.

L'impianto principale è quello di S. Massenza I, che utilizza i deflussi del Sarca regolati dal lago di Molveno, sistemato a grande serbatoio stagionale (capacità di invaso equivalente ad oltre 250 milioni di kWh). La centrale di Santa Massenza I è la maggior centrale idroelettrica d'Italia, avendo una potenza complessiva di 350 000 kW; nella stessa sala macchine in caverna della centrale di S. Massenza I è installato il gruppo da 26 850 kW dell'impianto di S. Massenza II, alimentato dalle acque del medio corso del Sarca regolate dal serbatoio di Ponte Pià.

Nel nuovo sistema della *Stura di Demonte*, affluente del Tanaro, nelle Alpi Occidentali, è entrato in funzione verso

Un sistema idroelettrico completamente nuovo è attualmente in fase di costruzione al confine italo-svizzero, nel *bacino del Reno posteriore*; è realizzato dalla Società Kraftwerke Hinterrhein alla quale il Gruppo Edison partecipa in unione con enti svizzeri. Si tratta di un sistema idroelettrico ad elevato grado di regolazione, assicurato da un serbatoio di testa della capacità utile di 197 milioni di metri cubi, corrispondenti ad oltre 500 milioni di kWh, ubicato a 1 931 m s.l.m. nella Valle di Lei. Il serbatoio sarà formato da una diga a volta ad archi parabolici, la cui costruzione è affidata alla Società Edison. La centrale dell'impianto di primo salto, Valle di Lei-Ferrera, funzionerà anche come stazione di pompaggio per ricostituire gli invasi del serbatoio. Essa avrà una potenza di 185 000 kW ed una producibilità media annua di 234 milioni di kWh. Completeranno il sistema altri due



Fig. 7. — La diga dell'impianto Valle di Lei-Ferrera della Società Kraftwerke Hinterrhein, che formerà, al confine italo-svizzero, un serbatoio della capacità di 197 milioni di m<sup>3</sup>.



Fig. 8. — La sala macchine della centrale in caverna di Santa Massenza della Società Idroelettrica Sarca Molveno, nel Trentino. È la centrale idroelettrica più grande d'Italia.



impianti che porteranno la potenza e la producibilità totali rispettivamente a 640 000 kW e a 1 325 milioni di kWh; un quinto di queste cifre costituisce la competenza del Gruppo Edison.

Sul Po, tra Piacenza e Cremona, la Società Idroelettrica Medio Adige, alla quale il Gruppo Edison partecipa per un terzo, ha in costruzione l'impianto idroelettrico a bassa caduta di Isola Serafini, che avrà una potenza di 50 000 kW ed una producibilità media annua di 305 milioni di kWh.

Gli impianti idroelettrici in costruzione da parte del Gruppo Edison hanno una potenza installata di circa 270 000 kW e una producibilità di circa 733 milioni di kWh/anno (comprese le competenze sugli impianti delle Società in partecipazione). Con le costruzioni in corso l'energia accumulabile nei serbatoi stagionali aumenterà di circa 108 milioni di kWh.

#### I NUOVI IMPIANTI TERMoeLETRICI.

Gli impianti termoelettrici del Gruppo attualmente in servizio sono tutti di costruzione posteriore al 1949. Essi sono rappresentati dalla centrale di Genova, dalla centrale Emilia a Piacenza e dalla centrale di Tavazzano. Quest'ultima appartiene alla Società Termo Elettrica Italiana, in cui la Società Edison ha una partecipazione pari a un quinto.

La centrale di Genova, ubicata nella zona portuale, è dotata di due unità della potenza singola di 70 000 kW. Ciascuna unità è costituita da due caldaie, da un turbogeneratore e da un trasformatore nonché dai relativi servizi, senza interposizione di alcun collegamento tra i due gruppi (sistema unitario monoblocco). Le caratteristiche del vapore sono: pressione



Fig. 9. — Canale di derivazione dell'impianto di Varzo-Crevola (prov. di Novara): il sifone di attraversamento del torrente Diveria.

65 kg/cm<sup>2</sup> e temperatura 485 °C; la produzione massima continua dei generatori di vapore è di 145 t/h impiegando come combustibile polverino di carbone o nafta, separatamente o contemporaneamente.

Gli alternatori, della potenza di 78 125 kVA ciascuno, sono mossi da turbine del tipo misto ad azione e reazione a due corpi, di cui l'ultimo a doppio flusso, a cinque spillamenti di vapore. Gli alternatori sono raffreddati con idrogeno.

La centrale termoelettrica Emilia a Piacenza sorge su una area compresa tra la stazione ferroviaria ed il fiume Po, che assicura un'abbondante disponibilità di acqua per il raffreddamento ed è equipaggiata con due gruppi turbogeneratori della potenza unitaria di 70 000 kW. Anche in questa centrale è stato adottato il sistema monoblocco.

Le caldaie hanno una potenza di 210 t/h di vapore, bruciando gas naturale od olio combustibile. Il vapore ha una pressione di 106 kg/cm<sup>2</sup> e una temperatura di 540 °C. Il ciclo è del tipo a rigenerazione con risurriscaldamento e sei spillamenti intermedi di vapore. Il turbogeneratore è costituito da una turbina del tipo ad azione e reazione a due corpi, di cui l'ultimo a doppio flusso e da un alternatore da 78 125 kVA raffreddato ad idrogeno.

La centrale di Tavazzano ha due gruppi da 62 500 kW ciascuno e un terzo gruppo da 140 000 kW. I due gruppi da 62 500 kW sono costituiti da due unità monoblocco, caldaia, turboalternatore, trasformatore.

Le caldaie, installate all'aperto, sono alimentate a gas naturale, ma sono previste anche per l'impiego di nafta. Il ciclo è a risurriscaldamento intermedio e le caratteristiche del va-

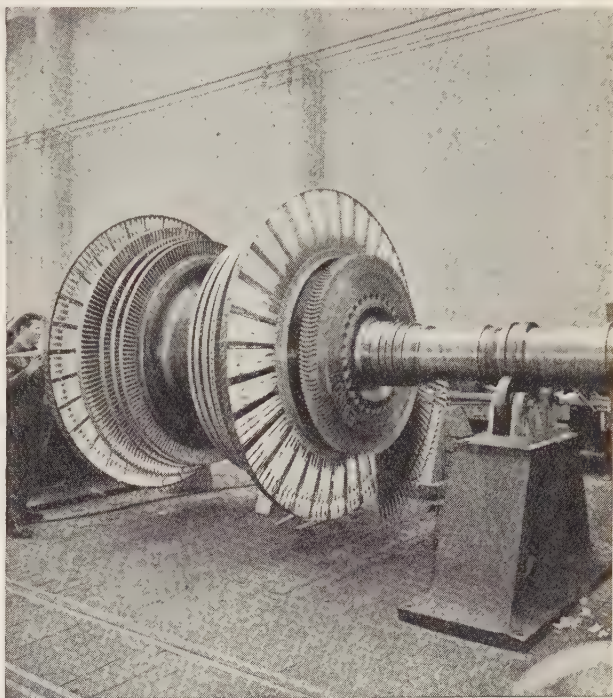


Fig. 10. — L'albero della turbina di bassa pressione del gruppo turboalternatore da 160 000 kW in corso di installazione nella centrale termoelettrica di Genova.

pore sono: 125 kg/cm<sup>2</sup> e 520 °C. Il gruppo da 140 000 kW è costituito da una caldaia a circolazione forzata monotubolare con una produzione di 430 t/h di vapore, da una turbina a condensazione a tre corpi e tre scarichi al condensatore, da un alternatore da 165 000 kVA raffreddato ad idrogeno. La unità può essere alimentata ad olio combustibile o a metano.

La potenza termoelettrica del Gruppo, attualmente pari a 333 000 kW, sarà tra breve aumentata da una nuova unità da 160 000 kW in corso di installazione nella centrale di Genova. All'inizio del 1960 sono stati altresì intrapresi i lavori preparatori e di installazione dei cantieri per la costruzione di una nuova grande centrale termoelettrica, dove, in una prima fase funzionerà un gruppo da 320 000 kW, la potenza unitaria più elevata sinora installata nell'Europa continentale. L'impianto sorgerà presso La Spezia e potrà utilizzare come combustibile

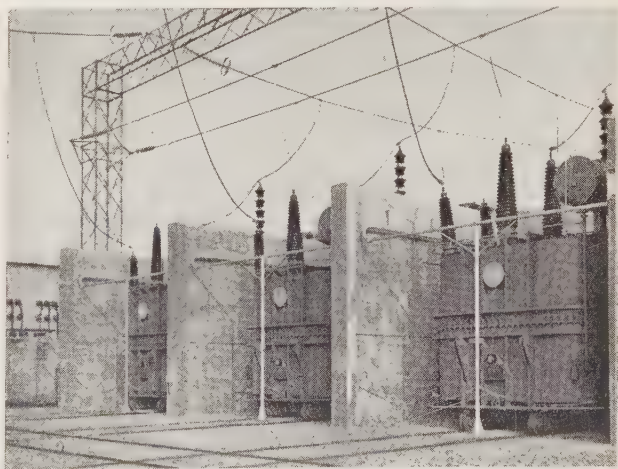


Fig. 11. — La stazione di trasformazione a 220/130/15 kV di Bovisio, presso Milano: complesso di trasformazione da 165 MVA costituito da 3 trasformatori monofase.



il carbone, la nafta o la benzina di prima distillazione. La centrale ed i servizi inerenti vengono realizzati in modo da consentire ulteriori ampliamenti dell'impianto man mano che le accresciute dimensioni del fabbisogno li renderanno necessari.

Col 1960 entra in fase costruttiva anche una centrale nucleotermoelettrica, intitolata al nome di Enrico Fermi. Gli studi erano stati iniziati sin dal 1955 dalla Società Edisonvolta. L'iniziativa è stata poi assunta dalla Società Elettro-nucleare Italiana - SELNI, consociata del Gruppo Edison. La centrale avrà una potenza elettrica netta di 165 000 kW e sarà dotata di un reattore di costruzione statunitense ad acqua naturale in pressione, alimentato ad uranio leggermente arricchito. La partecipazione nazionale a questa importante iniziativa sarà notevole e interesserà, oltre alle opere civili, la turbina, che verrà integralmente fabbricata in Italia e l'alternatore, che sarà costruito dall'industria italiana in collaborazione con quella statunitense.

Il Gruppo Edison rivendica un ruolo pionieristico nel settore nucleare. La Società Edison partecipò infatti alla fondazione, nel 1946, del CISE, Centro Informazioni Studi ed Esperienze, per molti anni l'unica organizzazione che ha consentito al nostro Paese di non essere assente nel campo degli studi e delle ricerche riguardanti le applicazioni della energia nucleare a scopi civili. Attualmente esso è finanziato a parità di quote da un gruppo di imprese private e da un gruppo di imprese pubbliche, rappresentate queste ultime da una apposita società finanziaria.

Nel decennio il CISE ha preparato oltre cento ricercatori ad alto livello fornendo buona parte del personale qualificato alle diverse organizzazioni nucleari italiane; ha risolto problemi nuovi per l'Italia, fra cui quello della produzione dell'uranio metallico, dell'acqua pesante e dell'esafuoruro di uranio, e quello della strumentazione; ha progettato e costruito impianti pilota ed apparecchiature nucleari, effettuato studi illustrati in circa trecento pubblicazioni e rapporti scientifici, fornito docenti a corsi universitari, dato vita alla rivista mensile « Energia Nucleare ».

Il lavoro di ricerca viene svolto da un centinaio di persone fra ricercatori e tecnici, in sei gruppi di laboratori (di chimica, di elettronica, di fisica nucleare, di fisica dello stato solido, di ingegneria nucleare, di tecnologia) affiancati dal servizio di fisica sanitaria e dai servizi generali dell'officina, dell'ufficio tecnico, del centro di documentazione e biblioteca, dell'assistenza medico-sanitaria. Il CISE sta per trasferirsi in una nuova sede in corso di ultimazione ad opera della Società Edisonvolta, nella zona della Città degli Studi di Milano, che gli verrà concessa in affitto a un canone simbolico.

\* \*

**Una stazione a Capo Miseno per lo studio della fisica della Esosfera sino a 5 000 km di altezza.** — Nel mese di febbraio del 1960 ha cominciato a funzionare nella località di Capo Miseno (Napoli) una stazione per lo studio della fisica dello spazio extratmosferico (esosfera) mediante il fenomeno dei whistlers (fischi atmosferici). Tale stazione dipende dal Centro di Fisica dello Spazio e dall'Istituto di Fisica (Architettura) dell'Università di Napoli, ed è stata loro affidata dalla Thayer School of Engineering, Dartmouth College, Hanover N.H. (USA), per iniziativa dei Laboratori di Geofisica di Cambridge dell'Aeronautica Militare degli Stati Uniti.

Come è noto *whistlers* sono radioonde a frequenza acustica (500, 20 000 c/s) di caratteristiche particolari, le quali si generano durante le scariche atmosferiche che avvengono continuamente nella bassa atmosfera. I whistlers si propagano da un emisfero all'altro, lungo le linee di forza del campo magnetico terrestre, raggiungendo distanze dalla superficie del globo notevoli, intorno ai 20 000 km per latitudini geomagnetiche di 60°. Per la stazione di Capo Miseno però, che si trova a una latitudine geomagnetica di circa 40°, tale distanza massima è dell'ordine dei 5 000 km. Dall'analisi delle registrazioni del fenomeno è possibile determinare alcuni parametri dello spazio esosferico, quali la densità elettronica e la configurazione del campo magnetico terrestre (C.M.T.).

È importante correlare le registrazioni ottenute in punti geomagneticamente coniugati (cioè quei punti che si trovano all'inizio ed alla fine di una linea di forza magnetica): la località di Capo Miseno si trova ad essere quasi coniugata di

quella di Durban, nel Sud Africa, dove già è in funzione un'altra stazione di registrazione.

Tali stazioni sono numerose nel mondo, e specialmente nel Nord America; in Europa la stazione di Capo Miseno è la quarta, dopo quella di Cambridge in Inghilterra, Politiers in Francia, Kuhlungsborn in Germania e Mosca in Russia. Ogni stazione è composta di un'antenna a telaio, di notevole dimensione, amplificatore e registratore a nastro, oltre altri elementi che comandano l'inizio e la fine delle incisioni, e scandiscono il tempo. La stazione di Miseno, perciò possiede un orologio elettronico col quale si apprezza sino al millesimo di secondo.

Come si è detto le registrazioni hanno già avuto inizio da circa due mesi, e continuano con esito soddisfacente, come si è rilevato dalle analisi dei nastri magnetici incisi a Miseno e spediti in America.

Le analisi sono state eseguite dal prof. M. Morgan, condirettore delle ricerche del « Technical Panel of Ionospheric Physics » e al cui diretto interessamento si deve l'avere ora anche in Italia una di queste stazioni di registrazione. Le registrazioni vengono effettuate ogni giorno, dal 35<sup>mo</sup> al 37<sup>mo</sup> minuto di ogni ora, contemporaneamente a quelle delle altre stazioni estere.

Mediante i diagrammi frequenza-tempo, ottenuti con i dati registrati a Miseno e contemporaneamente a Durban, sarà possibile determinare la densità elettronica, la distribuzione del C.M.T. sino a 5 000 km di distanza dalla superficie terrestre.

\* \*

**Il V Convegno-Mostra dell'automazione e strumentazione** si svolgerà dal 22 al 27 novembre 1960 a Milano nel recinto della Fiera. Il convegno, posto sotto il patronato del CNR è organizzato dalla Federazione delle Società Scientifiche e Tecniche di Milano.

Tutti gli iscritti possono presentare memorie; esse devono essere fatte pervenire in duplice copia alla Federazione (Milano, via S. Tommaso 3) entro il 15 settembre 1960.

Alla migliore memoria del Settore Elettrotecnico sarà conferito un premio di L. 100 000.

A fianco del convegno sarà allestita una Mostra con la partecipazione delle Ditte nazionali e delle Rappresentanze in Italia delle principali Case estere: in proposito, rivolgersi alla Rivista « Automazione e Strumentazione » (Milano, via Marconi 15).

\* \*

**Il V Convegno di Geotecnica** promosso dalla Associazione Geotecnica Italiana si terrà a Palermo nel marzo 1961.

Come tema del convegno è stato stabilito quello delle « Fondazioni ». Le memorie dovranno pervenire in triplice copia alla Segreteria della Associazione (Napoli, via Mezzocannone 16) entro il 31 ottobre 1960.

La iscrizione al convegno è aperta a tutti, soci o non soci dell'Associazione.

\* \*

**Il VII Convegno delle Grandi Dighe** si terrà a Roma dal 26 giugno al 2 luglio 1961.

Le questioni all'ordine del giorno sono le seguenti:

- La scelta, la preparazione e la specificazione degli inerti nel calcestruzzo per grandi dighe.
- Lavori sotterranei riferentisi alle grandi dighe.
- Tecniche moderne relative alle dighe in calcestruzzo per larghe valli e alle loro opere accessorie.
- Impermeabilizzazione delle dighe in terra ed a scogliera mediante prodotti bituminosi e altri materiali.

I testi delle Relazioni dovranno pervenire a Parigi all'Ufficio Centrale della Commission Internationale des Grands Barrages, a mezzo del Comitato Nazionale Italiano, in lingua francese o inglese in triplice copia prima del 25 ottobre 1960; esse dovranno essere consegnate al Comitato Italiano Grandi Dighe (Segreteria - Ministero L.L.P.P. Servizio Dighe - Roma) 30 giorni prima di tale data.

\* \*

**Una riunione della International Measurement Conference IMEKO**, sarà tenuta dal 26 giugno al 1° luglio 1961 a Buda-

pest che fu già sede della precedente riunione del 1958. La organizzazione è affidata alla Società Scientifica Ungherese per le Misure e l'Automazione.

La riunione si occuperà in particolare dei più recenti metodi di misura di grandezze fisiche e chimiche articolandosi in varie Sezioni specializzate.

Del Comitato Preparatorio Internazionale fanno parte i rappresentanti dei principali Paesi civili. Il rappresentante italiano è il prof. G. Perucca (Torino, Castello Valentino) al quale gli interessati possono rivolgersi per maggiori informazioni.

\* \*

La **Società Elettrica della Libia**, che ha in fase di montaggio una grande centrale a Tripoli, gradirebbe reclutare tecnici italiani per le seguenti cariche:

- ingegnere vice direttore generale;
- ingegnere direttore servizio distribuzione;
- direttore servizio commerciale (laureato);
- ingegnere incaricato dello svolgimento di corsi di perfezionamento personale operaio;
- assistente del direttore servizio distribuzione;
- capo-centrale per centrale a vapore.

Le retribuzioni annue lorde variano da un massimo di Llib. 3.500 per il vice direttore generale a Llib. 1.500 per il capo centrale. Alloggio fornito gratuitamente dalla Società.

Presso l'Ufficio Centrale dell'AEI (Milano, via S. Paolo 10) sono disponibili moduli per la presentazione di domanda di

impiego da indirizzare a: Società Elettrica della Libia - Tripoli.

\* \*

*L'Italia Grafica* — Organo ufficiale della «Associazione Nazionale Italiana Industrie Grafiche, Cartotecniche e Trasformatrici» — pubblica, nel numero del 15 maggio 1960, lo stelloncino che qui riportiamo a puro titolo di curiosità:

#### I dieci modi pratici per uccidere una Associazione

- 1 - Non intervenire mai alle riunioni.
- 2 - Se intervenite, procurate di arrivare tardi.
- 3 - Criticate il lavoro dei dirigenti e dei loro collaboratori.
- 4 - Non accettate mai incarichi perchè è più facile criticare che realizzare.
- 5 - Se non siete un dirigente, prendete a cuore tutti i problemi; se lo siete, non intervenite alle riunioni, e, se intervenite, non date pareri.
- 6 - Se qualcuno chiede la vostra opinione su un argomento, rispondete che non avete nulla da dire. Dopo la riunione, dite a tutti quello che bisognava dire e come le cose si sarebbero dovute svolgere.
- 7 - Fate solo ciò che è indispensabile per l'Associazione, ma quando altri vostri colleghi si rimboccano le maniche e si prodigano senza riserve, lamentatevi che l'Associazione è governata da una cricca.
- 8 - Ritardate quanto più possibile il pagamento dei contributi.
- 9 - Non prendete mai il disturbo di procurare altri aderenti.
- 10 - Lamentatevi che nulla di ciò che interessa la vostra attività viene pubblicato; ma non offritevi mai nè di scrivere un articolo nè di dare un buon suggerimento.

## LIBRI E PUBBLICAZIONI

L. BRILLOUIN: *La Science et la Théorie de l'Information*. (Masson et C.ie, Parigi, 1959. Un volume di 15,8x24,2 cm, di x+302 pagine, con 14 figure, in broccura. Prezzo 4.800 F.).

Léon Brillouin è ben noto come uno degli studiosi che hanno maggiormente contribuito, con la loro opera, alla fondazione di questa nuova branca scientifica, la teoria della informazione, il cui oggetto ed i cui scopi la portano a considerare, da un nuovo punto di vista, problemi apparentemente assai diversi, nell'ambito finora riservato ad altre dottrine di carattere più specifico. In particolare è merito di Léon Brillouin di aver indagato i vantaggi di un esame condotto con criteri informazionali di molti problemi fisici e, in particolare, di quelli di termodinamica statistica.

I risultati delle ricerche sue proprie e di altri Autori erano state esposte dal Brillouin in un libro pubblicato negli Stati Uniti nel 1956, di cui il volume qui recensito è la traduzione francese, lievemente modificata ed arricchita di qualche trattazione particolare da parte dello stesso Autore.

Mentre il titolo del lavoro inglese (Science and Information Theory) è inequivoco, quello della traduzione francese, come suggerisce lo stesso Brillouin, è suscettibile di due distinte interpretazioni; cioè: teoria scientifica della informazione, oppure, conforme al dettato inglese: esame in termini informazionali di problemi scientifici. In effetti lo schema del volume giustifica l'una e l'altra interpretazione, giacchè otto dei venti capitoli sono dedicati ad una esposizione critica e precisa della teoria della informazione ed i successivi all'esame del suo impiego nello studio di numerosi problemi di vario tipo, ma particolarmente di problemi di termodinamica e di fisica generale.

Nella prima parte vengono definiti il concetto di informazione e la sua misura e vengono esaminati alcuni problemi classici di teoria della informazione, quali quello della ridondanza di un linguaggio, quello della codificazione ecc. Viene inoltre presentato un altro problema fondamentale della teoria dell'informazione e, cioè, quello della analisi dei segnali.

La seconda parte dedica cinque capitoli ai problemi di termodinamica; uno di questi, in particolare, tratta del noto paradosso del demone di Maxwell proponendo la soluzione informazionale del problema che, come si sa, consiste nel far

quadrare il bilancio delle entropie con la «negentropia» relativa alla osservazione ed alla selezione delle particelle.

Altri tre capitoli trattano di problemi di osservazione e di misura, mettendo in rilievo la quantità di informazione in gioco ed analizzando da questo punto di vista il principio di indeterminazione. Altri capitoli, infine, illustrano il principio di negentropia nelle telecomunicazioni, i problemi di rappresentazione e interpretazione della informazione (scrittura, stampa e lettura), i problemi del calcolo automatico e, infine, questioni complementari di vario carattere.

\*

F. HENZE: *Schaltungen der Starkstromtechnik*. Band III: *Relais-schaltungen*. (Lipsia, Fachbuchverlag, 1958. Un volume 12,5x17,6 cm, di 195 pagine, 199 figure. Senza indicazione di prezzo).

Il volume costituisce la terza parte della Collana curata dallo stesso Autore e dedicata ai collegamenti utilizzati nel campo delle correnti forti. L'attuale pubblicazione si rivolge all'impiego dei relè nella tecnica dei comandi e delle protezioni. Dopo una rapida classificazione dei vari relè, ne vengono esaminati in dettaglio i seguenti tipi: ausiliari, di corrente, di tensione, direzionali, a distanza, di protezione differenziale, per protezione delle linee, per contatti a terra, per comandi e fotoelettrici.

Gli schemi sono presentati con molta chiarezza e la rappresentazione dei circuiti con differenti colori concorrono sensibilmente a facilitarne la comprensione.

Alcuni esempi di realizzazioni pratiche riguardanti le protezioni a mezzo relè di macchine elettriche e di linee, concludono il lodevole libretto. Buona la veste tipografica.

\*

F. SORESINI: *Calcolatrici numeriche ed analogiche*. (Milano, 1959. E. Nelson Paraninfo. Un volume, litografato, di 16,5x24 cm., di 501 pagine, con 348 figure. Prezzo L. 5.000).

Il volume vuole essere una presentazione della tecnica delle macchine calcolatrici nelle svariate forme nelle quali esse si presentano oggi a disposizione dello studioso. La esposizione



con la quale l'A. presenta la vasta e complicata materia è piana ed elementare così da poter essere intesa e seguita anche da chi abbia una modesta preparazione generica; il lettore che abbia la costanza di seguire le 500 fitte pagine del libro, che richiedono naturalmente attenzione e raccoglimento, si troverà ad avere acquistato una visione abbastanza fondata e completa del vasto panorama oggi coperto dalla interessantissima materia.

Il libro è diviso in 3 parti. La prima tratta delle calcolatrici numeriche, cominciando dai tipi più noti, meccanici a impostazione manuale, per passare poi alle macchine a schede perforate e ai contatori elettronici, ai dispositivi elettronici di calcolo e alle calcolatrici numeriche automatiche. In questa parte trovano posto capitoli speciali riguardanti i vari tipi di numerazione, l'algebra dei circuiti, le memorie, la teoria dell'informazione e la cibernetica.

La seconda parte è dedicata alle calcolatrici analogiche, di tipo meccanico, elettromeccanico, elettrico ed elettronico. Capitoli particolari trattano del funzionamento delle calcolatrici analogiche elettroniche, dell'amplificatore operativo, e dei generatori di funzioni.

Nella terza parte sono raccolte parecchie Appendici che riguardano importanti applicazioni delle calcolatrici elettroniche (al tiro contraereo, alla navigazione inerziale, alle telemissioni ecc.), e in particolare agli automatismi nella industria. Alcune di tali Appendici riguardano la cibernetica e i rapporti fra calcolatrici elettroniche e funzionamento del sistema nervoso degli esseri viventi.

Il libro, corredato anche da una ricca bibliografia meriterebbe migliore veste tipografica.

✱

E. PERUCCA: *Fisica generale e sperimentale*. Vol. I. (Torino, UTET, 1959. Un volume di 16,5 × 24 cm, di 919 pagine, con 728 figure. Prezzo, rilegato, L. 12 000).

Il Trattato di Fisica del prof. Perucca, ormai diventato classico, è troppo noto e diffuso perché se ne debba più fare una presentazione. I molti conoscitori di questa opera, e la larga schiera di discepoli che si sono formati alla scuola dell'A. saluteranno con compiacimento questa settima edizione che oggi appare nel primo volume che riguarda la Meccanica e il Calore.

Il testo si presenta completamente riveduto e aggiornato ai più recenti progressi della fisica che, negli anni scorsi dalla precedente edizione, ha fatto molti passi avanti. A questo pesante compito l'A. si è assoggettato, come dice nella Prefazione, conscio della necessità di sobbarcarsi « di condurre alle porte del nuovo tempio i neofiti della fisica » prendendoli dove li lascia il liceo; e indubbiamente molti saranno questi neofiti che approfitteranno della sua fatica e resteranno a lungo grati al Maestro.

La chiarezza delle idee, la precisione del linguaggio, la esattezza della esposizione che erano caratteristiche delle precedenti edizioni si ritrovano confermate ed esaltate anche nella presente che incontrerà indubbiamente la stessa larga diffusione non solo fra gli allievi delle scuole di ingegneria ma anche fra molti tecnici desiderosi di tenersi al corrente dei fondamenti razionali della propria professione.

Il volume è presentato in ottima veste tipografica come è tradizione della Casa editrice.

✱

A. VISSER: *Telecommunication Dictionary*. (Elsevier Publishing Co., Amsterdam, 1960. Un volume di 14 × 22 cm, di 1 011 pagine. Prezzo, rilegato, sterline 7.7.0 d).

I continui sviluppi della tecnica, la sempre più grande specializzazione, e il moltiplicarsi e complicarsi degli apparecchi e degli impianti creano una crescente difficoltà nella nomenclatura internazionale e nel riconoscimento della esatta corrispondenza dei termini usati nelle varie lingue. Riesce quindi di grande utilità poter disporre di dizionari specializzati nei singoli campi della tecnica per correttamente orientarsi nella letteratura internazionale.

Il libro che qui presentiamo si propone appunto questo compito per quanto riguarda le telecomunicazioni. Esso comprende circa 10 000 voci disposte in ordine alfabetico secondo la nomenclatura inglese e americana. Ad ogni voce è indicato il corrispondente termine nelle lingue: francese, spa-

gnola, italiana, tedesca e olandese. Non vi sono definizioni o commenti, ma la semplice esposizione dei termini.

La seconda parte del volume comprende gli indici alfabetici nelle stesse 5 lingue, con rinvio alla corrispondente voce della prima parte. È così facile trovare per qualsiasi termine di una delle 6 lingue il corrispondente in ciascuna delle altre.

Il volume, presentato in elegante veste tipografica, può riuscire in molti casi assai utile.

✱

G. BRUNI: *Chimica generale e inorganica*. (Libreria Editrice Politecnica Tamburini, Milano, 1960. Un volume di 16,5 × 24 cm, di 822 pagine, con 180 figure. Prezzo, rilegato, L. 6 000).

Le edizioni del classico libro del compianto prof. Bruni si susseguono con grande rapidità confermando l'ottima accoglienza che esso ha incontrato e il favore che mantiene grazie ai continui e accurati aggiornamenti. Quella che oggi segnaliamo è la undicesima edizione e la quarta che appare dopo la morte dell'Autore, curata da G. B. Levi e da A. A. Rollier.

Il libro è principalmente dedicato, agli studenti delle Facoltà di ingegneria e di farmacia ma il suo contenuto eccede largamente le proporzioni di un testo universitario; perciò opportunamente anche in questa edizione è stato fatto uso di caratteri diversi per distinguere le parti non indispensabili a un corso di insegnamento.

In questa nuova edizione sono stati ritoccati e ampliati parecchi capitoli della parte generale specialmente riguardanti l'idrolisi, la elettrochimica, i colloidi, i radicali liberi, le azioni fisiologiche delle radiazioni, la risonanza magnetica, la chimica degli atomi « caldi » ecc. Aggiunte e aggiornamenti sono stati pure portati in vari punti della parte speciale, fra l'altro riguardo alla concentrazione ed estrazione dell'uranio, agli elementi transuranici, ai semiconduttori ecc.

Il libro conserva quindi tutta la freschezza e la attualità del testo originario e di ciò va data lode agli egregi collaboratori che si sobbarcarono all'accurato lavoro di aggiornamento.

La presentazione tipografica è nitida ed elegante.

✱

*Dielettrici - Proprietà e loro misura*. Edizione 1960. (Edito presso la S.p.A. Monti & Martini, via Comelico 41, Milano. Pagine 145, figure 85).

Nella collezione della collana dei Quaderni di Tecnica Industriale, curati dalla S.p.A. Monti & Martini, è stata pubblicata la nuova edizione del volume « Dielettrici - Proprietà e loro misura ». Il proposito di questa pubblicazione è di fornire al lettore uno strumento di valutazione per la scelta dei materiali dielettrici, sia in base alle loro caratteristiche che in base ai criteri adottati nell'esecuzione delle misure delle caratteristiche. La massa di notizie e di norme sia nazionali che estere riguardo ai materiali isolanti che l'industria del settore è in grado di fornire, è grandissima. Nella pubblicazione si è cercato di riunire tutti i principali metodi di prova e, ciò che è più importante, di illustrare non tanto le modalità delle stesse, ma il significato ed il concetto informatore che porta ad eseguire e preferire determinate prove nella valutazione della idoneità o meno in sede applicativa di dati dielettrici.

La pubblicazione passa in rassegna le caratteristiche chimico-fisiche della struttura dei dielettrici, alle quali seguono considerazioni sulle caratteristiche meccaniche in relazione alle applicazioni elettrotecniche. Sono stati dedicati poi capitoli sui fenomeni di invecchiamento o di vita di un dielettrico e sulle prove conservative che assieme a quelle termiche danno un'idea del comportamento reale dei materiali alle vicissitudini alle quali sono sottoposte in pratica per effetto delle varie condizioni ambientali.

La pubblicazione è completata dall'esame delle proprietà elettriche considerando i fenomeni relativi sia alla polarizzazione sia alla scarica elettrica e quelli connessi.

Le caratteristiche considerate sono sufficienti per permettere di progettare l'isolamento di una costruzione elettrotecnica tenendo conto delle effettive sollecitazioni elettriche, meccaniche e termiche.

L'opera è redatta in forma moderna ma sono state evitate dissertazioni matematiche. L'esposizione è stata fatta in maniera piana, con l'ausilio di chiare figure, in modo da dare la possibilità di illustrare in maniera semplice fenomeni anche complessi.

Gottschalk von Geijer — **La centrale di Stornorrfors.**  
Tage Strömberg — **Gli alternatori da 150 MVA di Stornorrfors.** (Asea, 1960, n. 1-2).

Dopo lo sfruttamento pressochè completo delle risorse idrauliche dei fiumi Angerman e Indal, la Svezia ha iniziato l'utilizzazione del fiume Ume e la prima grande centrale costruita su di esso è quella di Stornorrfors. I lavori furono iniziati nel 1953 e la centrale entrò in funzione successivamente con i vari gruppi fra il settembre 1958 e il maggio 1959.

Attualmente la centrale di Stornorrfors ha una potenza installata di 375 MVA e può produrre annualmente 1 950 MWh: ciò corrisponde al 6,5 % della intera produzione di energia elettrica della Svezia nel 1958. L'energia prodotta viene trasmessa verso il sud mediante la rete a 400 kV che comprende 4 linee di collegamento fra il nord e il sud della Svezia.

La centrale è situata sul fiume Ume a circa 20 km a monte della foce nel mare, dopo la confluenza col fiume Vindel. La centrale utilizza il salto fra la centrale, a monte, di Pengfors che si trova a 50 km dal mare, e il livello del mare: il dislivello totale è di 75 m la maggior parte del quale (72 m) è concentrato in un tronco di 13 km. Su questo tronco esistevano precedentemente 3 impianti minori, uno dei quali venne a rimanere sommerso dal lago creato con lo sbarramento e che è lungo 22 km con un'area di 11,5 km<sup>2</sup>.

Il bacino idrologico utilizzato dall'impianto ha un'area di 26 500 km<sup>2</sup>; la portata media del fiume in corrispondenza alla centrale è di 440 m<sup>3</sup>/s. In un primo stadio di sviluppo la portata totale di 600 m<sup>3</sup>/s viene divisa su 3 gruppi generatori che rappresentano una potenza complessiva di 375 MW; la centrale è quindi la più importante di tutta la Svezia.

Sono in corso lavori per creare un serbatoio di 1 390 milioni di m<sup>3</sup>; si prevede di poter portare la capacità di accumulazione sul fiume Ume a 4 200 milioni di m<sup>3</sup>. Esistono pure possibilità di accumulazione sul fiume Vindel; quando i lavori saranno compiuti, si prevede di installare a Stornorrfors un quarto gruppo per 200 m<sup>3</sup>/s portando la potenza totale installata a 500 MW.

La capacità di scarico dello sfioratore è di 3 200 m<sup>3</sup>/s, valore che è del 14 % più grande della massima piena nota.

Il canale di adduzione, nella sua parte più bassa è circa a sezione quadrata e profondo 20 m. Vi è anche un canale per il trasporto del legname, lungo 5 700 m.

La centrale è in caverna, ricavata nella roccia (figure 2 e 3). Il canale di adduzione si prolunga fino alle condotte forzate. Gli imbocchi possono venire chiusi con paratoie a settore e inoltre sono installate chiusure di emergenza in forma di valvole a ago.

La centrale comprende: la sala macchine con l'edificio quadri, la galleria delle valvole e la sala trasformatori. La sala macchine non ha un pavimento a livello degli alternatori ma sul lato a valle di essa corre una balconata che si prolunga in parte anche fra gli alternatori.

La caverna dei trasformatori contiene anche gli interruttori di macchina a 18 kV.

Il canale di scarico in galleria è lungo 4 000 m ed ha dimensioni di 16 m di larghezza per 26,5 m di altezza, con una sezione libera di 400 m<sup>2</sup> e pare che sia la più ampia galleria del mondo. Nel suo punto più basso esso viene a trovarsi a 60 m sotto il livello del mare.

Presso la centrale è sistemata una camera di espansione connessa con la galleria di scarico. I diffusori delle turbine possono venire chiusi abbassando una paratoia. Non vi sono invece paratoie alla bocca finale della galleria e, in caso di necessità, bisogna costruire una chiusura provvisoria di emergenza.

Per la costruzione si sono dovuti demolire 2,75 milioni di metri cubi di roccia; gli scavi in terra sono stati di circa 2,7 milioni di m<sup>3</sup>. La quantità di calcestruzzo impiegato fu di 60 000 m<sup>3</sup>. Il costo dell'intero impianto è valutato in 217 milioni di corone svedesi, di cui 31 milioni spettano all'apparecchiatura e al macchinario elettrico. Sulla base di una potenza installata di 375 MW, ciò corrisponde a 580 corone per kW installato, valore ritenuto relativamente basso.

## MACCHINARIO.

I gruppi installati in centrale sono comandati da turbine Francis ad unica ruota, ad asse verticale. Le turbine

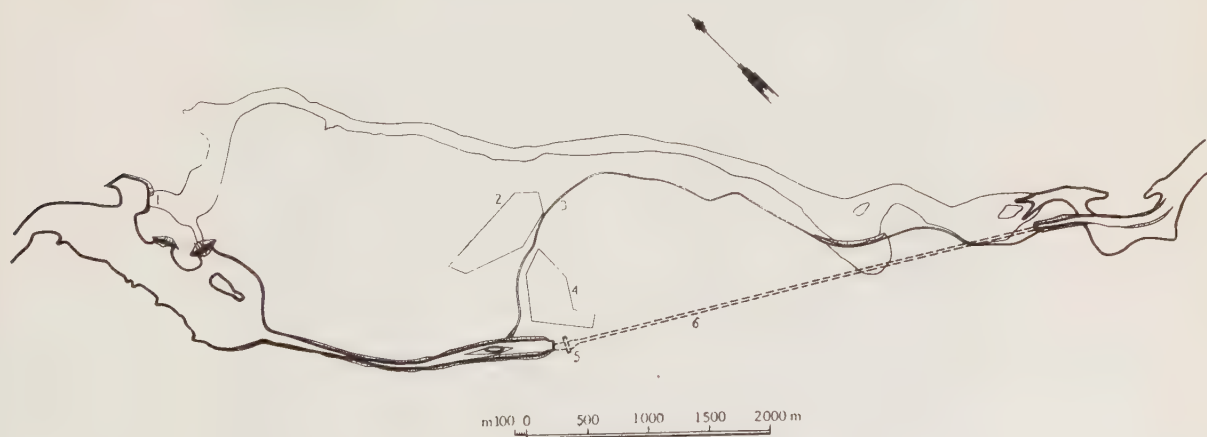


Fig. 1. — Planimetria generale dell'impianto di Stornorrfors.

1, diga; 2, zona residenziale; 3, canale per il legname; 4, cantieri; 5, centrale; 6, galleria di scarico.

L'impianto comprende (fig. 1) gli sbarramenti sul fiume, un canale di adduzione, la centrale e un canale di scarico per la maggior parte in galleria.

Attraverso il fiume è stata costruita una diga tracciante; inoltre vi sono 2 dighe minori su braccia laterali.

sono proporzionate per una potenza contrattuale normale di 135 MW con salto di 75 m e portata di 200 m<sup>3</sup>/s; la potenza massima, col salto di 75 m, è di 147 MW. I gruppi ruotano a 125 giri/min.

Negli studi preliminari si era riconosciuto che sarebbe



stato conveniente economicamente impiegare turbine Kaplan. Tuttavia si preferirono le Francis sia per il fatto che i gruppi di Stornorrfors devono essere usati frequentemente per regolazione e le Francis avevano dato in

possibile trasportarle per ferrovia in un pezzo solo. Il rotore degli alternatori è collegato direttamente all'albero delle turbine.

La fig. 4 rappresenta lo schema elettrico fondamentale,

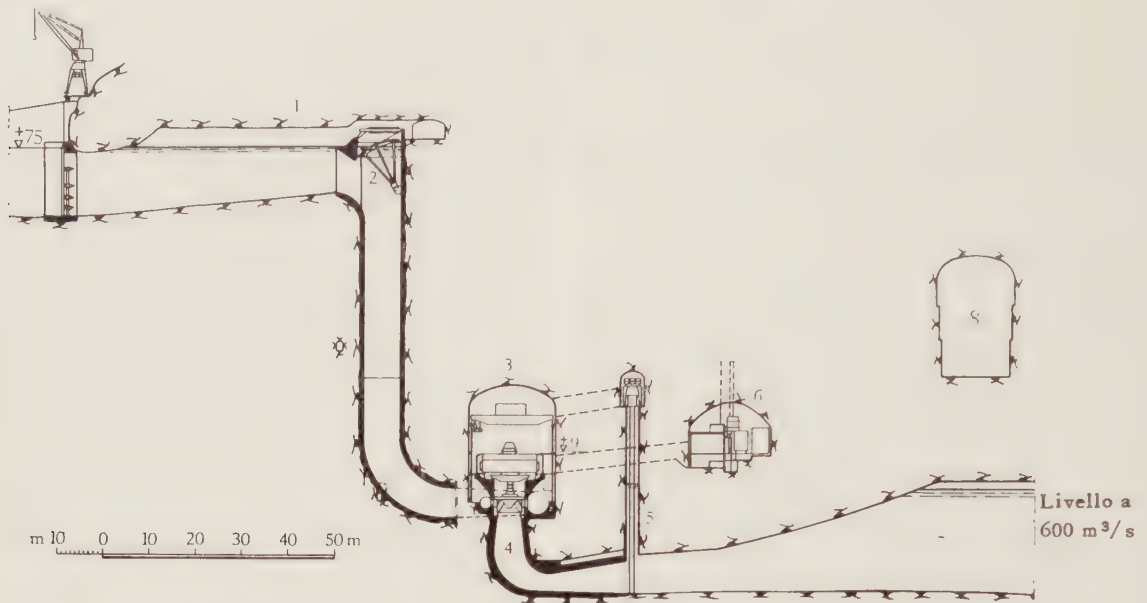


Fig. 2. — Sezione attraverso la centrale e opere annesse.

1, camera di carico; 2, paratoia a settore; 3, sala macchine; 4, diffusore; 5, comando paratoia; 6, caverna dei trasformatori; 7, galleria di scarico; 8, sezione normale della galleria di scarico.

passato buoni risultati per tale servizio, sia anche in considerazione del fatto che non erano mai state progettate turbine Kaplan di tale potenza per tale salto.

Nella costruzione delle turbine si è fatto largo uso della

unifilare, della centrale di Stornorrfors e la fig. 5 rappresenta lo schema trifilare dei collegamenti per la trasformazione da 18 a 400 kV.

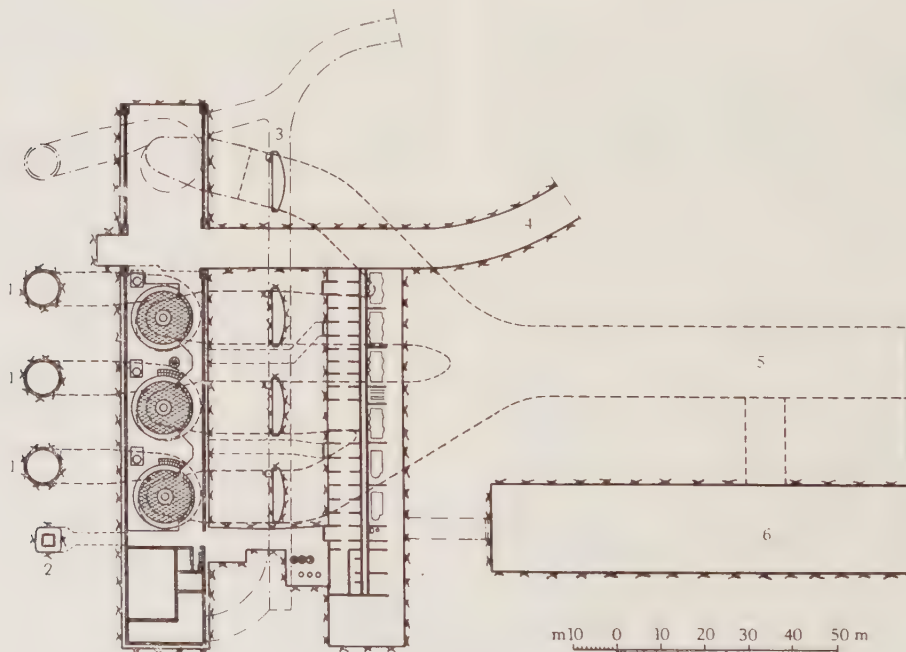


Fig. 3. — Pianta della centrale.

1, condotte forzate; 2, pozzo dell'ascensore; 3, paratoie; 4, galleria d'ingresso; 5, galleria di scarico; 6, pozzo piezometrico.

tecnica della saldatura anzichè dei metodi classici a fusione. Le giranti, che pesano ciascuna 70 t, furono trasportate via mare fino al porto più vicino e poi per mezzo di motocarri fino alla centrale perchè non sarebbe stato

TRASFORMATORI.

La maggior parte dell'energia prodotta in centrale viene elevata a 400 V mediante un gruppo di 4 unità, di cui

una di riserva, da 200 MVA,  $18/(400/\sqrt{3})$  kV. La potenza dei trasformatori disponibile è quindi di 600 MVA, che risulta già proporzionata anche per il quarto gruppo generatore previsto.

L'avvolgimento a bassa tensione (18 kV) di ogni trasformatore è diviso in 2 parti, ciascuna proporzionata per metà potenza; le due parti sono collegate a 2 gruppi diversi. In tal modo si realizza una certa limitazione nella potenza di corto circuito sul lato alternatore e nello stesso tempo la corrente di carico diventa più facile da comandare.

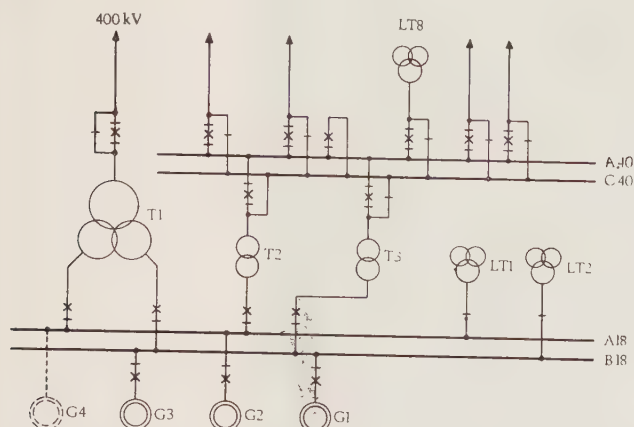


Fig. 4. — Schema elettrico unifilare.

Sul lato a 400 kV i trasformatori sono costruiti per connessione diretta a un cavo. I trasformatori sono raffreddati ad acqua e pesano ciascuno circa 225 t.

Per servire le utenze locali, fra le quali vi è la città di Umea, sono installati 2 trasformatori da 60 MVA, 18/45 kV.

QUADRI A 18 kV E A 40 kV.

Il quadro a 18 kV comprende 2 sistemi di sbarre i quali, quando sarà installato il quarto gruppo, risulteranno perfettamente simmetrici.

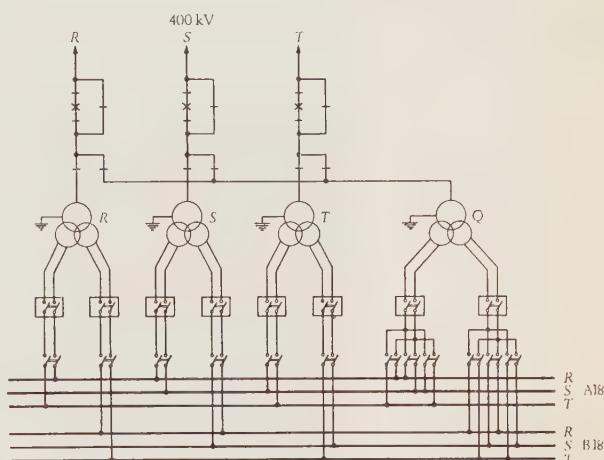


Fig. 5. — Collegamenti per la trasformazione 18/400 kV.

Si è ritenuto che la massima potenza di corto circuito trifase sia di 5 000 MVA. L'interruttore bipolare per i trasformatori da 400 kV ha un potere di interruzione di 100 kA. In causa della loro posizione nello schema dei collegamenti, questi interruttori hanno condizioni di interruzione meno difficili degli altri interruttori che sono trifasi. Questi ultimi non sono costruiti per il pieno potere di interruzione e sono perciò protetti in modo che gli interruttori bipolari si aprano prima di quello tripolare interessato, qualora la corrente di corto circuito su-

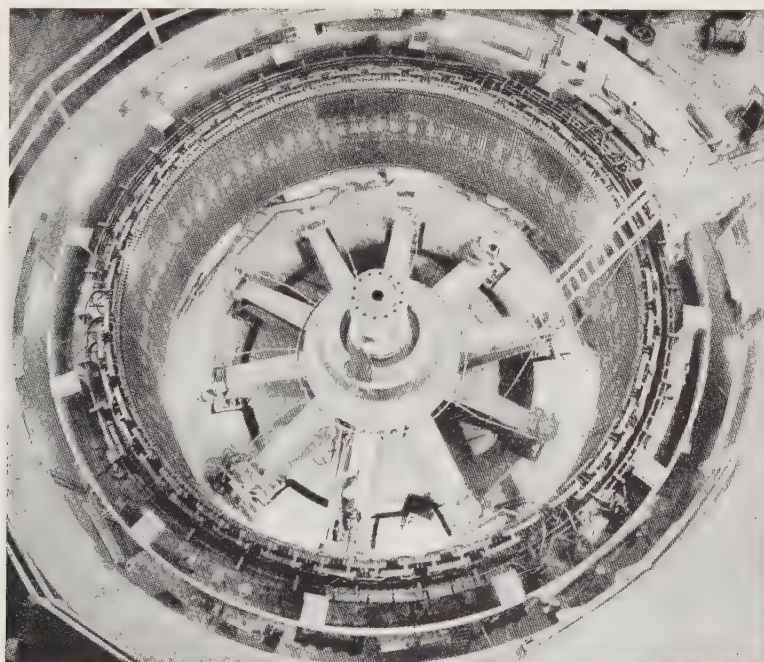


Fig. 6. — Vista dall'alto dell'alternatore in montaggio in centrale, con la crociera principale e il supporto di spinta in posto.

Per i servizi propri della centrale vi sono 2 trasformatori ausiliari da 2 MVA, a 3 avvolgimenti 18/11/0,4 kV; inoltre vi è un altro trasformatore ausiliario abbassatore derivato dal 40 kV, da 4 MVA, 44/11/0,4 kV.

per il potere di interruzione di quello tripolare. Tutti gli interruttori a 18 kV sono pneumatici.

È da rilevare, come fatto singolare, che i trasformatori ausiliari sono connessi alla rete a 18 kV con semplici col-



telli, senza interruttori. L'impiego di interruttori avrebbe portato una spesa esagerata di installazione in confronto al costo dei trasformatori serviti. I coltelli, che sono comandati a motore, sono capaci di interrompere la corrente a vuoto; essi possono venire comandati soltanto dal quadro centrale, restando così eliminato il pericolo per il personale in caso di false manovre. In caso di guasto a

Il quadro a 40 kV è in realtà costituito da una cabina all'aperto costruita per 130 kV, dove in ogni campata sono attualmente installate 2 unità a 40 kV. Ciò è stato fatto allo scopo di facilitare la futura trasformazione a 130 kV di certe linee che attualmente funzionano a 40 kV. Gli interruttori sono del tipo in olio ridotto, con potere di interruzione di 1500 MVA.

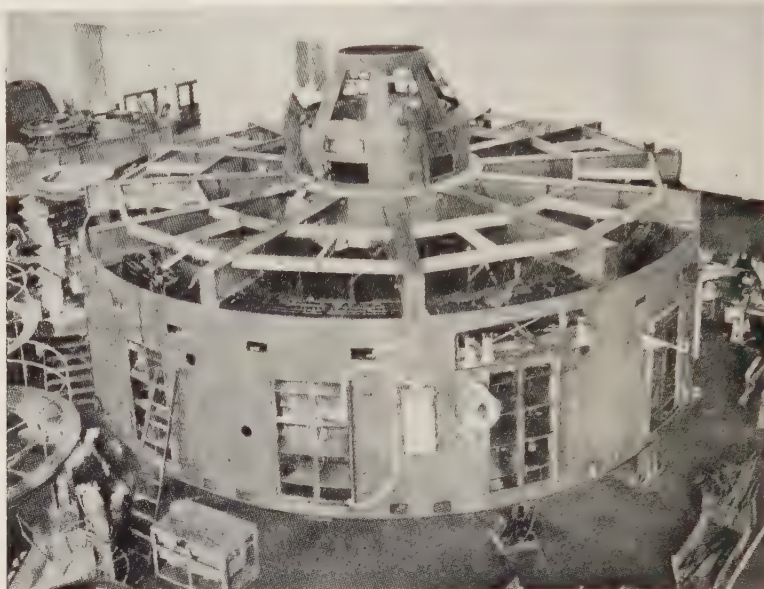


Fig. 7. — Lo statore montato, in officina.

un trasformatore ausiliario scattano tutti gli interruttori su quel sistema.

La costruzione del quadro a 18 kV è di nuovo tipo. I coltelli sono collocati fra le sbarre così da garantire che forze generate in caso di corto circuito non possano gene-

#### QUADRO A 400 kV.

La centrale di Stornorrfor è collegata alla rete a 400 kV con una sola linea radiale e non sono previste modifiche a questo riguardo. Perciò sul lato 400 kV vi è un solo interruttore, tripolare; in caso di guasto, o di

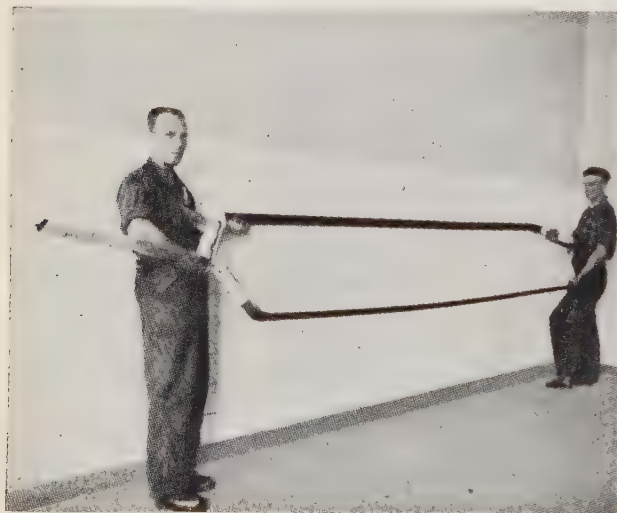


Fig. 8. — Una bobina dello statore a 18 kV.

rare su i coltelli sollecitazioni di flessione ma soltanto sollecitazioni assiali. Invece di isolatori di porcellana sono stati adottati isolatori di araldite con carica di quarzo. Le sbarre hanno una sezione di 4500 mm<sup>2</sup> e con distanziamento fra fasi di 900 mm; la corrente massima ammissibile è di 6300 A. L'irraggiamento del calore dalle sbarre verso l'ambiente è stato incrementato dipingendole di una speciale vernice rossa appositamente sperimentata.

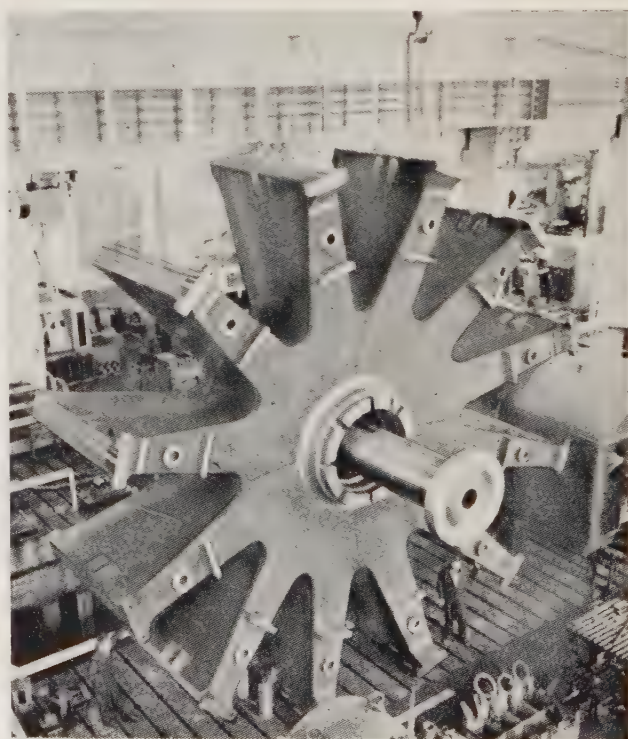


Fig. 9. — Lanterna del rotore, in 4 parti. Peso 88 t.



ispezione, manutenzione ecc. questo interruttore deve essere messo fuori circuito con un by-pass (fig. 4). L'in-

comando dei servizi lontani: paratoie, sfioratori, interruttori all'aperto ecc.

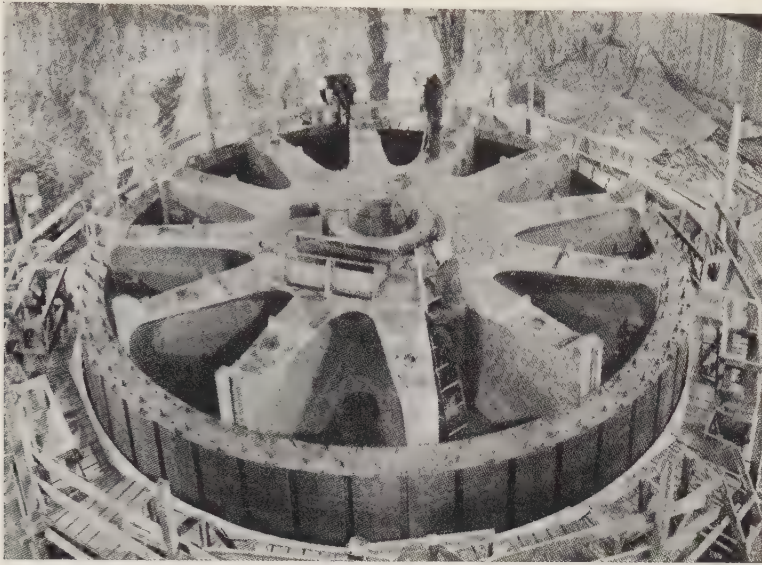


Fig. 10. — Montaggio della corona del rotore, in centrale.

teruttore a 400 kV è del tipo pneumatico, con potere di interruzione di 13 000 MVA. Il collegamento fra le unità del trasformatore a 400 kV e l'interruttore è realizzato con 4 cavi monofasi.

Questi cavi costruiti per tensione di esercizio di  $500/\sqrt{3}$  kV sono isolati in classe 1 600; hanno sezione di 405 mm<sup>2</sup> e possono portare in modo continuo 1 600 A; sono del tipo a olio fluido, con dispositivo di circolazione per raffreddamento dell'olio, che viene refrigerato in uno scambiatore esterno ad acqua.

#### PROTEZIONI.

I dispositivi di protezione presentano qualche singolarità dovuta principalmente al tipo di apparecchiature adoperate.

Nel caso di un guasto sulla rete a 18 kV in cui venga superato il potere di interruzione di un interruttore tripolare, l'apertura di questo viene bloccata finché il trasformatore a 400 kV sia stato isolato dalle sbarre a 18 kV interessate in seguito all'apertura dell'interruttore bipolare a 18 kV.

Un guasto su uno qualunque dei due trasformatori ausiliari a 18 kV dà origine a un impulso di apertura per tutti gli interruttori a 18 kV connessi al sistema di sbarre interessato.

Se, quando l'interruttore a 400 kV è messo fuori circuito col by-pass, si verifica un guasto che, in condizioni normali avrebbe dato luogo a impulso di apertura dell'interruttore stesso, tale impulso viene trasmesso all'interruttore a 400 kV installato all'altra estremità della linea, mediante un sistema a onda portante sulla stessa linea a 400 kV.

I comandi di apertura di tutti gli interruttori sono stati concentrati su un unico pannello dal quale si può comandare uno qualunque di essi.

#### SERVIZI AUSILIARI.

Per i servizi ausiliari della centrale è disposta una rete a  $3 \times 380$  V con neutro a terra attraverso una elevata resistenza e una rete 380/220 V con neutro direttamente a terra, specialmente per la illuminazione.

È anche disponibile una rete ausiliaria a 10 kV per il

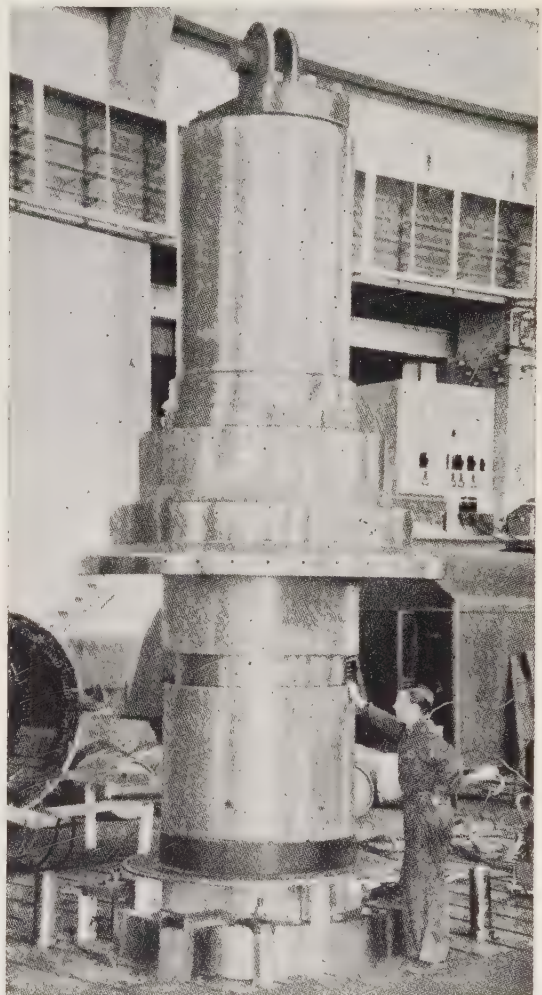


Fig. 11. — Vista dell'albero principale.

La rete a 380 V è alimentata dai 2 trasformatori ausiliari derivati dal 18 kV.



Tutti i 3 trasformatori ausiliari sono connessi alla rete a 10 kV.

Per i servizi ad aria compressa sono installati 2 compressori che mantengono a 30 atmosfere 2 serbatoi i quali, a loro volta, alimentano le varie reti di aria compressa; quello per l'interruttore a 400 kV è alimentato attraverso una valvola elettromagnetica che viene comandata da un misuratore di pressione.

Per protezione contro gli incendi vi è un dispositivo ad anidride carbonica per gli alternatori ed uno combinato ad acqua e schiuma per i trasformatori.

determinate principalmente in base a un basso valore della reattanza transitoria. Il principale progresso nei 7 anni decorsi fra i due impianti è l'adozione di una densità notevolmente più elevata nel traferro che rende possibile scegliere le dimensioni più economiche. Il circuito magnetico ha dovuto essere progettato con dimensioni radicalmente diverse per impedire un eccessivo aumento delle perdite nel ferro. Si è migliorato l'equilibrio delle dimensioni e si sono eliminate le precedenti larghezze necessarie nel dimensionamento nei riguardi dell'aumento di temperatura.

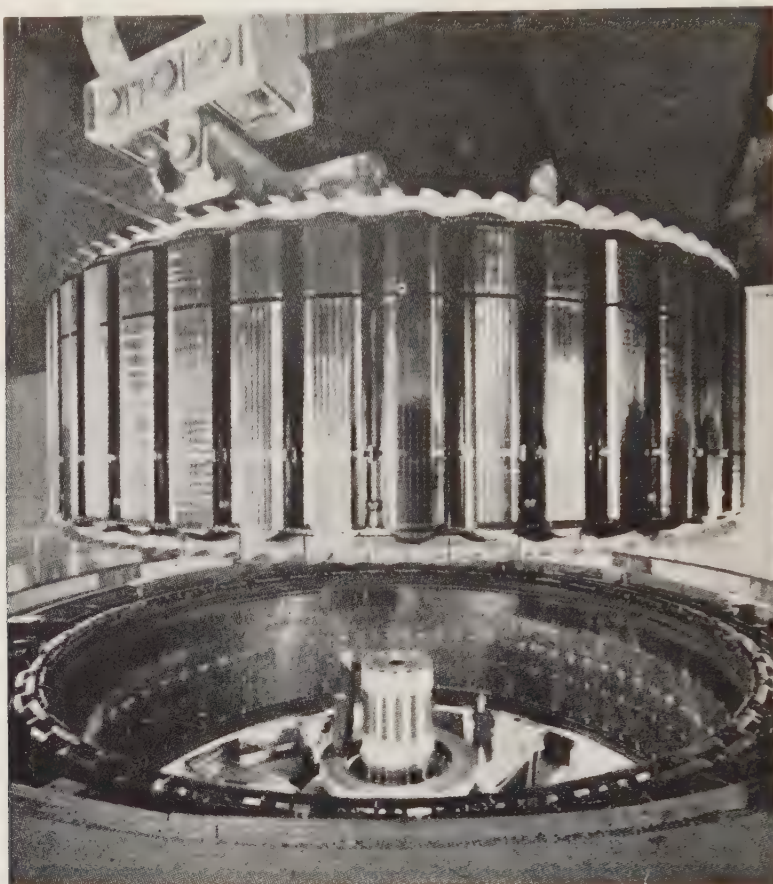


Fig. 12. — Il rotore, pesante 445 t, viene calato entro lo statore.

#### ALTERNATORI DA 150 MVA.

Gli alternatori installati nel 1952 nella centrale di Harspranget, da 105 MVA, a 16 kV, 167 giri/min erano allora fra i più grandi del mondo; quelli da 150 MVA installati a Stornorrforss nel 1958 erano i più potenti alternatori mossi da turbine idrauliche, nel mondo.

Tuttavia queste macchine da 150 MVA a 125 giri/min saranno presto superate; già sono in costruzione unità di maggiore potenza e altre di potenza minore ma più lente e quindi di dimensioni e peso maggiori sono già in servizio.

Fra i fattori che hanno contribuito allo sviluppo delle macchine di grandissima potenza vanno ricordati: la costruzione della corona del rotore con segmenti di lamiera montati in posto in centrale; i progressi nell'isolamento per avvolgimenti ad alta tensione; l'impiego di ventilatori assiali per la ventilazione di macchine lunghe; i progressi nella costruzione di supporti di spinta sempre più grandi.

La differenza di dimensioni fra gli alternatori di Harspranget e quelli di Stornorrforss è piccola; l'aumento del diametro del rotore è del 16 %. Le dimensioni sono state

La reattanza transitoria è del 22 % come per le macchine di Harspranget; se fossero stati progettati come i precedenti, gli alternatori di Stornorrforss avrebbero dovuto essere 37 % più grandi. Se d'altra parte si fosse ammessa una reattanza transitoria del 30 % sarebbe stato possibile costruire macchine più piccole. È stato possibile ottenere un basso valore (65 %) della reattanza sincrona senza aumentare sensibilmente il costo.

Nella determinazione delle dimensioni degli alternatori si è tenuto presente non soltanto il problema della bassa reattanza transitoria ma anche quello delle perdite perché una macchina con bassa reattanza tende ad avere perdite elevate, specialmente le perdite a vuoto. La soluzione adottata realizza un buon compromesso.

Il supporto di spinta, combinato con un supporto di guida, si trova sotto il rotore. La crociera, a 10 braccia, poggia sulle sue fondazioni mentre il peso dello statore è trasferito sul terreno mediante fondazioni speciali situate più esternamente (fig. 6). Al di sopra del rotore vi è una leggera crociera che porta il supporto di guida superiore, la eccitatrice, gli anelli e il generatore per il regolatore (fig. 7).

Gli alternatori sono disposti lungo una parete della

sala macchine e sono circondati da un anello di calcestruzzo che dà luogo a un condotto d'aria intorno allo statore. La ventilazione avviene in circuito chiuso, con 12 refrigeranti distribuiti intorno alla circonferenza dello statore.

Per ragioni di trasporto lo statore è diviso in 6 parti, pesanti ciascuna 44 t.

La tensione di generazione, di 18 kV, è la più bassa ammissibile dal punto di vista della limitazione dell'intensità di corrente, che risulta normalmente di 4810 A. L'isolamento è in nastro di fibra di vetro in combinazione con resina eposside che congiunge estremamente bene la fibra di vetro al rame e le varie nastrature fra loro; questo collegamento è rinforzato verniciando con resina eposside la bobina, avvolgendola con nastro di fibra di vetro e indurendo con pressatura a caldo. La bobina assume così correttamente la forma voluta e diventa rigida e robusta (fig. 8) così da poter essere sicuramente maneggiata.

Una novità è rappresentata dall'impiego di una particolare vernice protettiva non lineare esternamente alle cave per prevenire l'effetto corona; entro le cave si è usata la solita vernice protettiva. La nuova vernice all'esterno dà luogo a una distribuzione di tensione virtualmente lineare; le esperienze hanno dimostrato che si ottiene una protezione molto efficace contro l'effetto corona.

Il rotore che pesa complessivamente 445 t, ha una lanterna con 12 razze, invece che 8 come nelle macchine di Harspranget, e ciò in ragione del suo peso che tocca le 88 t. Sempre in ragione del suo peso, la lanterna è divisa in 4 parti. Con 12 razze riesce più facile la costruzione della corona che risulta composta di 12 elementi lungo la circonferenza (fig. 9).

La lanterna è in ghisa, soluzione che è stata ancora considerata preferibile rispetto alla costruzione saldata, per macchine di queste dimensioni.

La fig. 10 rappresenta il montaggio della corona del rotore in centrale. Complessivamente furono impiegate per la corona 240 t di lamiera di acciaio. Dopo il montaggio, il rotore è stato scaldato fin sopra 100 °C; fra la corona e la lanterna furono introdotti cunei di forzamento in apposite cave, cosicchè quando la corona si fu raffreddata venne a trovarsi fissata alla lanterna con uno sforzo predeterminato e tale che la corona non può liberarsi dalla lanterna finchè non sia raggiunta una velocità superiore di 80 % a quella normale.

I poli sono costruiti con lamierini di acciaio e pezzi di testa in acciaio fuso. Per il trasporto dei poli avvolti si è provveduto ad armarli con speciali morsetti e legature d'acciaio per evitare ogni deformazione.

L'albero principale (fig. 11) ha un diametro di 1150 mm e porta una flangia di 900 mm; pesa 45 t. Esso termina alla faccia superiore del rotore dove ad esso si collega l'altro albero che porta l'eccitatrice ecc.

Il supporto di spinta principale comprende 10 elementi portanti sorretti da molle nel solito modo. Qualche innovazione è stata però introdotta. Il serbatoio dell'olio e i sostegni sono saldati alla crociera.

La sostituzione dei segmenti è stata resa più facile: dopo tolto l'olio e rimosso un semplice blocco, i segmenti possono venire estratti attraverso un'apertura nella cassa d'olio.

Il supporto portante superiore è di tipo saldato, con 12 braccia.

Nelle prove eseguite in centrale il rendimento, misurato a 150 000 kVA, con  $\cos \varphi = 0,9$ , a 18 kV, è risultato di 98,19 %.

N.





# ASSOCIAZIONE ELETTEOTECNICA ITALIANA

POSTA SOTTO GLI AUSPICI DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE  
ERETTA IN ENTE MORALE IL 3 FEBBRAIO 1910

## Minuta di verbale

### della seduta del Consiglio Generale tenuta a Milano il 13 Aprile 1960

La seduta è stata convocata per le ore 10 presso la sede dell'AEI in Milano, via San Paolo 10, col seguente

#### ORDINE DEL GIORNO

1. - Approvazione del verbale della seduta precedente (Venezia, 27 settembre 1959) pubblicato come minuta su « L'Elettrotecnica » del dicembre 1959 a pag. 888.
2. - Comunicazioni della Presidenza.
3. - Andamento dell'Associazione.
4. - Riunioni Annuali 1960 e 1961.
5. - Premi:
  - a) assegnazione dei Premi Bianchi, Lori, Vallauri e Panzarasa (in palio nel 1959);
  - b) nomina della Giuria per l'assegnazione dei Premi Jona e Righi (in palio nel 1960);
  - c) Borsa Volta.
6. - Cicli misure.
7. - Comitato Elettrotecnico Italiano.
8. - Relazione economica 1959.
9. - Eventuali e varie.

Presiede il Presidente Generale Angelini con il Vice Presidente Generale Dalla Verde. Funge da Segretario il Vice Segretario Generale Rigatti.

Sono presenti gli ex Presidenti Generali Bauchiero e Someda, il Tesoriere Regoliosi, i Condirettori dell'Ufficio Centrale Redaelli e San Nicolò ed i Consiglieri Delegati delle Sezioni:

Adriatica: Giunchi (Presidente).

Bologna: Trevisan (Presidente), Zanobetti.

Firenze: Piquè.

Genova: Dallepiane (Presidente), Astuni, Squintani.

Milano: Maggi L. (Presidente), Dadda, Sorato, Castellani, Costadoni, Fabrizi, Facconi, Frediani, Gatti, Kerbaker, Manfredi, Marsili, Niccolai, Palazzoli, Paleari, Palmieri, Pisperno, Savagnone, Sbrissa, Vallecchi, Vallillo, Zanchi, Villa.

Napoli: Albarella.

Roma: Albertazzi (Presidente), Cerrato, Seganti.

Torino: Merlini (Presidente), Bordiga, Bonicelli, Bianchi, Cardellino, Giordana, Sartorio.

Trento: Trenti.

Veneta: Gatto (Presidente), Alocco, Rova.

Prendono parte alla riunione i Revisori dei Conti: Bonazzi, Peterlongo e Piva.

Sono rappresentati per delega: il Presidente della Sezione di Firenze Montigiani, il Presidente della Sezione di Napoli Jacopetti, il Presidente della Sezione di Trento Boschetti e i Consiglieri Delegati: Alessi, Benadi, Bortolotti, Bossi, Bravi, Buttiglione, Caccia, Cavalli, Del Terra, Di Onofrio, Foà, Faloci, Genesio, Greco, Marasco, Massa, Modoni, Proia, Ressi di Cervia, Righi, Rovelli, Sgobbo, Toffolon, Turco.

Sono rappresentate per delega le Sezioni di Catania e Sarda. Non sono rappresentate le Sezioni di Livorno, Palermo, Pugliese e Trieste.

Assenti giustificati: i due Vice Presidenti Generali Mainardi e Tedeschi, il Segretario Generale Barbagelata e il Presidente della Sezione Sarda Lixi Delogu.

Alle ore 10,20 il Presidente dà il benvenuto ai presenti e passa allo svolgimento dell'ordine del giorno.

1. - *Approvazione del verbale della seduta precedente.* Il Presidente, premesso che una minuta di detto verbale è stata pubblicata sul fascicolo di dicembre 1959 de « L'Elettrotecnica », informa che su di esso non sono pervenute osservazioni. Se neppure i presenti avranno osservazioni da fare il verbale si intenderà approvato.

Poiché nessuno chiede la parola, il verbale è considerato approvato.

2. - *Comunicazioni della Presidenza.* a) *Soci defunti.* Il Presidente rivolge un pensiero riverente alla memoria dei colleghi scomparsi dopo l'ultima riunione (Venezia) e ne legge l'elenco. I presenti seguono, in piedi, la lettura. Sono mancati i colleghi:

Sezione Adriatica: Caldarelli Enrico.

Sezione di Bologna: Montanelli Francesco, Roma Francesco.

Sezione di Catania: Mauceri Alfredo.

Sezione di Firenze: Gabrielli Brunellesco, Zattoni Tommaso.

Sezione di Livorno: De Ranieri Giovanni.

Sezione di Milano: Annibali Mario, Barbarini Franco, Boichicchio Canio, Boselli Alfredo, Bratina Luigi, Brogioli Luigi, Caimmi Aldo, Finzi Vittore, Gattinara Vittorio, Imperiali di Francavilla Riccardo, Inzerilli Edoardo, Manzetti Ivo, Masetti Mario, Paoletti Ettore.

Sezione di Napoli: Betteghella Ruggiero, Bourelly Mario, Cicala Raffaele, Milone Mario, Petillo Francesco.

Sezione di Palermo: Palazzotto Sante, Serravalle Domenico.

Sezione di Roma: Mazzolani Giulio.

Sezione di Torino: Colombo Cristoforo, Colonna Preti Anteo, Ferraris Eugenio, Gambini Giovanni, Guarrella Giorgio.

Sezione di Trento: Marabese Rodolfo, Maestranzi Enrico.

Sezione di Trieste: Cavallar Ferdinando.

Sezione Veneta: Bertoldo Guido, Colleoni Vincenzo.

Il Presidente ricorda con un particolare accenno alla loro attività ed ai loro rapporti con l'AEI i colleghi: Boichicchio, Mario Bourelly, Finzi, Maestranzi, Mazzolani, Roma e Zattoni ed invita i presenti ad un minuto di raccoglimento nel ricordo dei colleghi scomparsi.

b) *Soci benemeriti.* Ripreso lo svolgimento dell'ordine del giorno il Presidente propone la proclamazione a soci benemeriti dei colleghi Tricomi Bonaventura Saro e Masticchi Aurelio che per 9 anni hanno svolto funzioni rispettivamente di Presidente e di Segretario della Sezione di Palermo. La proposta è approvata con plauso ai colleghi benemeriti.

c) *Soci all'estero.* Il Presidente fa presente che in occasione della Riunione di Venezia il collega Dassetto (socio all'estero) aveva suggerito due provvedimenti e precisamente:

— che il gruppo dei soci all'estero abbia un proprio rappresentante nel Consiglio Generale;

— che l'AEI crei centri di propaganda e di informazione all'estero affidandone il compito a propri soci.

Le due proposte vengono esaminate e discusse in relazione alla situazione dei soci all'estero. Si tratta di 162 colleghi distribuiti nelle 5 parti del mondo per cui appare praticamente impossibile designare un rappresentante comune.

Su proposta Someda viene deciso di affidare ad un Consigliere in carica, preferibilmente a chi abbia più facili occasioni di compiere viaggi all'estero, il compito del collegamento con i soci all'estero e di darne comunicazione a tutti gli interessati affinché possano rivolgere a lui le loro istanze ed i loro suggerimenti relativi alla Associazione.

d) *Rendiconti della Riunione di Venezia.* Il Presidente comunica che sono usciti i due volumi contenenti le memorie sui due temi: « Energia nucleare » e « Componenti elettronici » e che il terzo volume con la cronaca e le discussioni uscirà entro il mese. Il notevole numero delle memorie (oltre 160) e la tardiva presentazione di parecchie di esse hanno importato un notevole aggravio nelle spese di stampa del volume che verrà a costare sulle L. 10.000 per pagina e l'aggravio si ripercuote sul bilancio consuntivo che chiude con sensibile perdita. Per evitare che un'analoga situazione abbia a ripetersi per il Congresso di Ancona, vengono prospettate varie soluzioni:

— limitazione del numero delle memorie;

— limitazione del numero di pagine di ciascuna memoria;

— aumento dell'onere a carico dell'Autore per le pagine in soprannumero;

— aumento della quota di iscrizione alla Riunione, tenuto



conto che nella quota è compreso anche il costo del volume dei Rendiconti che viene dato a tutti gli iscritti.

Su queste proposte si svolge una animata discussione.

Viene scartata subito la limitazione del numero delle memorie, in quanto essa dovrebbe venire subordinata ad una selezione preventiva, mentre viene riconosciuta la impossibilità di una pratica attuazione di detta selezione.

Viene mantenuta la limitazione a 4 pagine a stampa per ciascuna memoria, compresi schemi, figure e tabelle, e viene aumentato a L. 10.000 per pagina l'onere a carico dell'Autore per le pagine in più oltre le prime 4.

Viene accordata alla Presidenza la facoltà di derogare da questa disposizione per eventuali memorie di pregio eccezionale che, a giudizio della Presidenza stessa, fossero riconosciute meritevoli di beneficiare di un simile trattamento di eccezione.

Viene confermata la data del 30 aprile come ultimo termine per la presentazione delle memorie, nell'intesa che le memorie che pervenissero in data posteriore potranno, se del caso, formare materia di pubblicazione su « L'Elettrotecnica ».

Viene mantenuta ferma a L. 12.000 la quota di iscrizione alla Riunione compreso il volume dei Rendiconti nel quale si compendia l'apporto culturale della manifestazione.

e) *Biblioteca centrale.* Il Presidente dà notizia dell'avvenuto trasferimento della Biblioteca centrale nella nuova sede messa a disposizione dalle Ferrovie dello Stato grazie all'interessamento del collega Albertazzi, Presidente della Sezione di Roma.

La nuova sede offre la possibilità di sistemare la Biblioteca con larga disponibilità di spazio e con molto decoro. Il Presidente rivolge un caldo ringraziamento al collega Albertazzi, e si propone di ringraziare anche il Direttore Generale delle Ferrovie ing. Rissone per aver dato pratica attuazione alla iniziativa. I presenti si associano con vivo applauso.

3. - *Andamento dell'Associazione.* a) *Numero dei soci.* L'aumento dei contributi, deliberato dal Consiglio di Venezia, non ha avuto ripercussioni sfavorevoli sul numero dei soci il quale è rimasto presso che invariato: 8.157 soci al 31 marzo 1960 contro 8.146 al 31 marzo 1959. Il risultato è confortevole a prova della vitalità della nostra Associazione e l'aumento dei contributi si è dimostrato assai tempestivo per assicurare il pareggio del bilancio che, come si vedrà meglio in sede di « Rendiconto economico », si è chiuso l'anno scorso con un sensibile disavanzo.

b) *Attività delle Sezioni.* Nel periodo dal 1° ottobre 1959 ad oggi si sono avute complessivamente 102 manifestazioni: riunioni culturali, visite tecniche, gite. Si segnalano per maggior attività le Sezioni di Milano con 22 manifestazioni, Napoli con 18, Roma con 13, Bologna con 11, Torino e Trieste con 9, Firenze con 8. Le Sezioni di Livorno, Palermo, Pugliese, Sarda e Trento non hanno segnalato manifestazioni.

Il Presidente rileva che non sempre le Sezioni danno notizia all'Ufficio Centrale della loro attività per cui, molto probabilmente le manifestazioni svolte sono in realtà molto più numerose di quelle indicate. Raccomanda tempestività e diligenza nella trasmissione delle notizie ed anche dei testi delle relazioni presentate e discusse in sede, per la pubblicazione sulla Rivista.

Per quanto si riferisce al numero dei soci, il Presidente rileva il notevole scarto fra la Sezione più numerosa, Milano con 2.896 soci e le Sezioni che seguono immediatamente: Torino e Roma rispettivamente con 682 e 681 soci. Nota, inoltre, un notevole divario nel rapporto fra soci juniores e soci effettivi. Il rapporto medio è del 10 %, ma nella Sezione Adriatica i soci juniores costituiscono il 30 % del totale, a Milano il 15 %, mentre a Roma il rapporto scende al 5 %. Raccomanda di svolgere un'attiva opera di propaganda presso gli studenti.

Albertazzi osserva che la migliore propaganda dovrebbe venire dagli insegnanti che sono a contatto diretto con la popolazione studentesca.

Dadda ha constatato che la migliore propaganda si sviluppa nello stesso ambiente studentesco: se uno si associa, molti lo seguono.

c) *Riunioni di Presidenti di Sezione.* Il Presidente dà notizia della riunione tenutasi a Milano nello scorso mese di febbraio. La manifestazione appare utile e gradita in quanto offre l'occasione di uno scambio di idee fra i Presidenti di Sezione e con la Presidenza Generale. Ne è stata confermata la ripetizione semestrale.

d) *Pubblicazioni.* Il Presidente prospetta il problema ricorrente del « tono » delle due Riviste e delle due tendenze contrastanti secondo le quali si vorrebbe mantenere da una parte un alto livello tecnico-scientifico, mentre dall'altra si

vorrebbe rendere le due Riviste più accessibili anche alla media cultura. Chiede il parere e suggerimenti ai presenti.

Someda ritiene che le due tendenze vadano conciliate in un giusto equilibrio quale, secondo lui, ha raggiunto « L'Elettrotecnica ».

Il Presidente auspica il « giusto equilibrio » anche per « Alta Frequenza » e fa presente che questa necessità si è manifestata più impellente in seguito alla costituzione di una Sezione italiana dell'IRE (Institute of Radio Engineers). Il prof. Algeri Marino, Presidente della Sezione, fa assegnamento sulla collaborazione dell'AEI e delle sue Riviste per diffondere fra i soci IRE quelle notizie e quegli articoli che altrimenti dovrebbero dar vita ad un nuovo periodico.

Angelini ha chiesto al prof. Algeri Marino di concretare e segnalare i desiderata della Sezione IRE e penserebbe ad un adeguamento dell'« Alta Frequenza ».

Someda osserva che il giornale ha due scopi: soddisfare i lettori e soddisfare gli Autori. A questi ultimi interessa oggi soprattutto la rapidità della pubblicazione. Per questo propone che venga data subito notizia degli articoli presentati dagli autori mediante la pubblicazione del titolo e di un breve riassunto. Ciò per fare il punto cronologico dello studio e per informare gli interessati.

Dadda si associa alla proposta Someda e suggerisce, a sua volta, che dopo annunciato un articolo, gli interessati possano riceverne, dietro richiesta, le prime bozze di stampa. Fa presente che la lamentela più diffusa riguarda il grande ritardo che intercorre fra la presentazione e la pubblicazione degli articoli tanto che, specialmente fra i giovani, è diffusa l'impressione che i nuovi settori della elettrotecnica ed in particolare l'elettronica siano trascurati dall'AEI.

Angelini vorrebbe che i giovani segnalassero questi loro desideri.

Dadda oppone che ciò è difficile anche perchè i giovani hanno poca o nessuna conoscenza dell'AEI. Preferibile, secondo lui, costituire gruppi di attività nell'interno delle Sezioni.

Someda propone di aggregare ai comitati di redazione delle due Riviste alcuni giovani che operino nei nuovi settori dell'elettrotecnica.

Maggi fa presente che la differenziazione fra le così dette correnti forti e correnti deboli oggi non ha più ragione di esistere in quanto i tecnici delle correnti forti si trovano continuamente in rapporto anche con le correnti deboli. L'elettronica interessa tutti i campi.

Nicolai suggerisce la separazione del « giornale » dagli « atti » sul tipo di talune riviste estere. Nel giornale dovrebbero trovar posto il notiziario, gli articoli descrittivi e di informazione di facile lettura e la segnalazione, con un breve riassunto, degli articoli di alto valore tecnico o scientifico. Questi ultimi dovrebbero venir pubblicati negli atti suddivisi, a loro volta, nei due settori delle « correnti forti » e « correnti deboli ».

Il giornale dovrebbe avere pubblicazione regolare mensile; gli atti dovrebbero uscire bimestralmente od anche saltuariamente senza periodicità fissa.

Angelini, Dadda, Gatti ed altri si dimostrano favorevoli alla proposta e viene confermata, in particolare, l'opportunità di aggregare esperti di elettronica al Comitato di redazione de « L'Elettrotecnica ».

Dadda suggerisce un avvicendamento periodico di tali esperti per suscitare ed allargare fra i giovani l'interesse per l'AEI.

Il Presidente si compiace dell'ampia discussione che riconosce interessante e molto utile. L'esame del problema sarà ripreso nella riunione del Consiglio di Ancona. Nel frattempo la Presidenza si riserva di nominare una piccola Commissione che continui lo studio dell'adeguamento delle Riviste e concreti proposte che, se approvate, dovrebbero attuarsi col 1961.

4. - *Riunioni annuali.* Un programma di massima della Riunione di Ancona è stato distribuito ai presenti.

Il Presidente rivolge un vivo ringraziamento alla UNES, alle Autorità locali, alle Ferrovie dello Stato ed all'ing. Giunchi, Presidente della Sezione di Ancona, che si prodigano per la migliore riuscita della manifestazione. Dà, quindi, la parola a Redaelli che riferisce sul programma e sulla organizzazione. Il programma verrà pubblicato sul prossimo numero de « L'Elettrotecnica ».

Passando a trattare della Riunione del 1961 il Presidente informa che la Presidenza della Sezione di Torino ha proposto i seguenti temi:

— Per le correnti forti: « L'elettrotecnica nella industria meccanica e siderurgica » suddiviso nei capitoli:



- 1) Macchine utensili, caratteristiche di motori, regolazione.
- 2) Macchine elettriche nella siderurgia.
- 3) Possibili anomalie dovute alle macchine elettriche (vibrazioni, riscaldamento, ecc.); prevenzione e rimedi.
- 4) Controllo e collaudo delle lavorazioni.
- 5) Trattamenti termici.
- 6) Mezzi elettrici e magnetici di trasporto e di sollevamento.

7) Criteri di impianto e di sicurezza.

— Per le correnti deboli: « L'analisi dei materiali con mezzi elettrici e magnetici » suddiviso nei capitoli:

- 1) Esplorazione con ultrasuoni.
- 2) Esplorazione con i raggi X e con i Radioisotopi.
- 3) Analisi spettrografica dei materiali.
- 4) Altri mezzi elettrici e magnetici di analisi.

Sul tema per le correnti deboli era stato interpellato anche il collega Niccolai, particolarmente esperto nella materia, ed egli ha proposto il tema:

— « Sistemi elettronici di calcolo e di controllo » suddiviso nei capitoli:

- 1) Organizzazione del sistema.
- 2) Elementi costituenti.
- 3) Applicazioni.

Il Presidente apre la discussione su queste proposte.

Dopo breve scambio di idee sul tema per le correnti forti che appare ad alcuno troppo vasto e per il quale altri suggerirebbero di sostituire « metallurgia » a « siderurgia » per limitarne l'ampiezza, il tema generale viene confermato nella formula proposta da Torino.

Sul tema per le correnti deboli la discussione si sviluppa più animata.

Dadda osserva che il tema proposto da Torino interessa un campo piuttosto limitato di tecnici, mentre il tema proposto da Niccolai pur comprendendo anche il tema di Torino, si presenta di interesse assai più vasto e di grande attualità.

Merlini replica che il tema proposto per le correnti forti richiede anche la trattazione dei mezzi di indagine sui materiali che si basano sulle correnti deboli.

Angelini per conciliare le due tendenze propone di aggiungere al tema per le correnti forti un capitolo: « controllo di materiali » nel quale sarebbero trattati i problemi che Torino affidava al secondo tema, e di adottare, per le correnti deboli, il tema proposto da Niccolai.

Il Consiglio approva concordemente questa soluzione.

5. - *Premi.* Il Presidente comunica che la Commissione per l'aggiudicazione dei Premi del 1959 (costituita con i colleghi Jacopetti, Sartori, Tardini e Tedeschi) ha concretato le seguenti proposte:

— Premio Lori: all'ing. Maria Vадnjаl per la sua attività presso il Laboratorio di Elettrotecnica della Scuola di Ingegneria di Padova ed, in particolare, per lo studio « Attenuatore non reciproco con ferrite in guida d'onda rettangolare » pubblicato su « Alta Frequenza » del febbraio 1957.

— Premio Bianchi: all'ing. Aldo Morello per i suoi lavori: « Variazioni transitorie di temperatura nei cavi per energia » e « Variazioni transitorie di pressione nei cavi ad olio fluido » pubblicati su « L'Elettrotecnica » aprile e ottobre 1958.

— Premio Vallauri: all'ing. Filippo Ciampolini per lo studio: « La teoria dell'Allievi applicata allo studio dei transitori nelle linee elettriche » pubblicato su « L'Elettrotecnica » novembre 1958.

— Premio Panzarasa: all'ing. Giuseppe Biorci per lo studio: « Proprietà di reti con raddrizzatori e di K-bipoli attivi normali » pubblicato su « Alta Frequenza » ottobre 1958.

Il Presidente ringrazia vivamente i membri della Commissione per il loro lavoro di selezione e sottopone le proposte alla approvazione del Consiglio.

Il Consiglio conferma unanime la sua approvazione. Le assegnazioni dei Premi dovranno venire ratificate dall'Assemblea.

Il Presidente informa poi che quest'anno sono in palio i Premi Jona e Righi per l'assegnazione dei quali occorre nominare la Commissione aggiudicatrice.

Il Consiglio dà mandato alla Presidenza per la nomina.

Comunica, infine, che la Borsa di studio ing. Sante Belotti è stata assegnata al giovane Alessandro Bellman che frequenta il 3° corso al Politecnico di Milano e che la borsa di studio avv. Francesco Cameli è stata assegnata al giovane ing. Giorgio Franceschetti.

Raccomanda la propaganda nelle scuole superiori per questa seconda borsa a carattere nazionale la cui assegnazione si rinnova annualmente, mentre la borsa ing. Sante Belotti è riservata agli studenti del Politecnico di Milano.

Dadda fa presente che la migliore propaganda è quella affidata ad appositi manifesti da affiggere agli Albi delle Scuole.

Il Presidente ne prende atto e provvederà in conformità.

6. - *Cicli misure.* Il Presidente informa che il ciclo sul contatore ad alta sovraccaricabilità è compiuto ed è in preparazione la relazione conclusiva che sarà pubblicata su « L'Elettrotecnica ».

Il ciclo sulle prove a impulso sta per concludersi e seguirà anche per questo la relazione.

Per i nuovi cicli il Consiglio si è già espresso favorevolmente alla proposta Someda di impostarli su metodi di prova considerati nelle Norme CEI ed il Presidente prega Someda di concretare una proposta.

Someda si riserva di comunicare un programma per il nuovo ciclo.

7. - *Comitato Elettrotecnico Italiano.* Il Presidente prega Someda, Presidente del CEI, di riferire sulla attività dell'Ente.

Someda dà notizia dei fascicoli di Norme pubblicati ed in preparazione.

Informa che la Commissione per le prove statistiche è stata elevata a Sottocomitato (n. 109) con la presidenza del collega Sillano e che sono in corso di costituzione un Sottocomitato per gli apparecchi elettromedicali (n. 108) che sarà presieduto dal prof. Fossati ed uno per gli apparecchi di misura riguardanti le radiazioni ionizzanti (n. 110) che sarà presieduto dal collega prof. Gatti.

Il prof. Regoliosi è stato nominato Presidente del Sottocomitato n. 15 « Materiali isolanti ».

Dà quindi notizia delle numerose riunioni internazionali che il CEI ha organizzato in Italia e della partecipazione dei suoi membri alle riunioni all'estero.

La Riunione plenaria della IEC è convocata quest'anno a Nuova Delhi ed è in corso l'organizzazione della partecipazione italiana.

Il Presidente ringrazia Someda.

8. - *Rendiconto economico.* Il Presidente, premesso che il conto consuntivo dell'esercizio 1959 e lo stato patrimoniale al 31 dicembre 1959 sono già stati distribuiti ai presenti, prega Redaelli, di illustrarne le risultanze.

Redaelli fa rilevare il risultato inconsueto dell'esercizio 1959 che chiude con un notevole disavanzo. Le cause vanno ricercate nel costo del volume dei Rendiconti di Venezia del quale si è già parlato e negli aumenti intervenuti nelle spese tipografiche.

Il disavanzo sarebbe risultato anche maggiore se non fosse stato compensato, in parte, da una certa riduzione delle spese di amministrazione.

Per ristabilire l'equilibrio del bilancio, non ritiene sufficiente l'aumento dei contributi deliberato a Venezia, anche perchè con l'inizio d'anno si sono avuti aumenti dei costi tipografici e nei compensi al personale. Ritiene che un aiuto efficace possa venire dalla pubblicità sulle Riviste. Ha interpellato un primo gruppo di inserzionisti proponendo un ritocco delle tariffe ed ha avuto una percentuale di adesioni veramente confortevole. Chiede al Consiglio se è d'accordo con questo provvedimento.

Palazzoli è d'avviso che l'AEI potrebbe ottenere, in via eccezionale, un contributo che valga a sanare il deficit del bilancio dalle Associazioni industriali le quali hanno tutte interesse a sostenere l'AEI; oppure la Presidenza potrebbe ricorrere al fondo a sua disposizione per scopi culturali.

Redaelli osserva che si tratta di adottare un provvedimento a carattere permanente per cui preferirebbe accantonare questa soluzione e risolvere il problema direttamente attraverso gli inserzionisti.

Il Consiglio, presa in esame la situazione, ratifica il ritocco delle tariffe pubblicitarie reso necessario dall'aumento dei costi editoriali.

Il Presidente chiede ai presenti se abbiano osservazioni o richieste di chiarimenti sul rendiconto. Non essendoci altri interventi, dichiara approvato il Rendiconto dell'esercizio 1959 e lo stato patrimoniale al 31 dicembre 1959.

9. - *Eventuali e varie.* Il Presidente dà lettura del telegramma di scusa per la forzata assenza e di saluto del Segretario Generale prof. Barbagelata che non ha potuto intervenire perchè indisposto e propone di inviargli un telegramma di augurio affettuoso da parte di tutti i presenti.

Il Consiglio approva con un caldo applauso all'indirizzo di Barbagelata.

Nessun altro chiedendo la parola il Presidente ringrazia e saluta i presenti e dichiara chiusa la seduta alle ore 13.



# NOTIZIE DELLE SEZIONI

## SEZIONE ADRIATICA

Nel pomeriggio del giorno 26 marzo 1960, per gentile concessione della RAI-TV, i soci della Sezione Adriatica hanno effettuato una visita al centro trasmittente TV-MF di Monte Conero.

I visitatori, si sono particolarmente interessati degli impianti di emergenza, destinati ad assicurare la continuità dell'esercizio, anche in caso di interruzione dell'energia elettrica, impianti che costituiscono una delle parti più interessanti dei centri radiotelevisivi, nei quali sono installate alcune apparecchiature che devono essere alimentate in continuità, non ammettendo neppure le brevi interruzioni determinate dal passaggio automatico dalla rete al gruppo elettrogeno di emergenza.

Tale continuità di fornitura è garantita da complessi di alimentazione continua (C.A.C.), costituiti da un motore a c.c., alimentato da una batteria a 120 V e 220 Ah, il quale motore aziona un alternatore monofase che alimenta, a sua volta, tutte quelle apparecchiature che non ammettono interruzioni (in particolare i ponti di collegamento radio, audio e video). La stabilità di frequenza dell'alternatore del C.A.C. è ottenuta mediante un adatto regolatore.

La batteria di alimentazione è tenuta sempre in tampone sulla rete e ad essa viene richiesta erogazione di energia solamente per il breve periodo intercorrente fra l'interruzione dell'erogazione dalla parte della rete e il raggiungimento delle condizioni di regime, da parte del gruppo elettrogeno. Questo, fra l'altro, è dotato di una scaldiglia che, essendo continuamente in funzione, mantiene l'acqua di raffreddamento a una temperatura tale da assicurare il regolare funzionamento del motore Diesel, dopo pochi secondi del suo avviamento automatico.

I trasmettitori a modulazione di frequenza, destinati alla trasmissione dei tre programmi radiofonici, hanno destato vivo interesse nei visitatori, per la loro completa automatizzazione che, non soltanto, consente l'accensione e lo spegnimento automatico di ciascun trasmettitore, determinati dalla accensione e dallo spegnimento dei corrispondenti trasmettitori a monte, che forniscono pure la modulazione « a rimbalzo », ma anche il passaggio automatico sulla ricezione di un trasmettitore di riserva (Pescara), nel caso in cui venisse a mancare la portante o la modulazione del trasmettitore preferenziale (M. Nerone).

Per quanto concerne il settore televisivo, i visitatori si sono interessati oltre che al trasmettitore circolare vero e proprio, a tutte le apparecchiature ausiliarie e di misura e ai ponti video, e particolarmente ai dispositivi impieganti tubi a onde progressive, da poco tempo entrati nell'uso corrente.

Al termine della visita i gitanti hanno fatto ritorno ad Ancona ove la comitiva si è sciolta.

✱

## SEZIONE DI BOLOGNA Sottosezione di FERRARA

Sabato 7 maggio 1960 il prof. **Francesco Scandone**, Direttore Commerciale delle Officine Galileo, ha tenuto una comunicazione sul tema: « **Sistemi di teleguida per missili** ».

Sono stati brevemente passati in rassegna i differenti metodi mediante i quali un sistema automatico permette di inseguire e raggiungere un obiettivo in moto: il puntare costantemente sul bersaglio modificando di conseguenza la propria direzione, secondo la cosiddetta curva del cane da caccia porta infallibilmente ad arrivare sul bersaglio di coda dopo aver percorso una strada più lunga del minimo indispensabile. Il mantenere invece un angolo costante tra la propria direzione e quella dei rilevamenti del bersaglio porta il missile ad incrociare il bersaglio dopo un percorso minore, salvo che è assai più difficile arrivare in perfetto orario all'appuntamento. Una via intermedia, consistente nel deviare la traiettoria di solo una parte dell'angolo tra le due direzioni, dà invece una maggiore garanzia di buona riuscita della missione (navigazione proporzionale).

L'energia occorrente per fornire le informazioni necessarie a guidare il missile può provenire dal bersaglio (ad esempio

dai raggi infrarossi emessi dai suoi gas di scarico) oppure dal missile stesso mediante emissione di onde elettromagnetiche che vengono riflesse dal bersaglio o ancora (allo scopo di alleggerire il missile) da apposita apparecchiatura sistemata a terra che, sempre mediante onde elettromagnetiche, segue sia il bersaglio che il missile ed invia a questo le istruzioni per muoversi verso il bersaglio.

Un altro metodo consiste nel far viaggiare il missile nell'interno di un fascio di onde che inseguono costantemente il bersaglio. Il missile si muove allora con un moto ondulato nell'interno del cono di onde (guida a fascio direttore). Mano a mano che i sistemi di teleguida raggiungono un più elevato grado di perfezione, cresce anche la possibilità di disturbare la guida mediante onde estranee emesse a bella posta dal bersaglio (contromisure di disturbo).

L'oratore ha poi illustrato i sistemi di guida che permettono ad un missile di conoscere la propria posizione nello spazio, in qualunque istante, senza ricevere alcuna informazione dall'esterno. Ha spiegato i principi basilari delle piattaforme inerziali, costituite da un disco sostenuto nel baricentro a mezzo di una sospensione cardanica con attriti nei perni ridotti al minimo compatibile con le più raffinate tecnologie industriali e con tre giroscopi i quali, mediante asservimenti, compensano continuamente il piccolo trascinamento dovuto agli attriti residui. Infine ha illustrato come è possibile sottrarre un indicatore di verticale dall'effetto di accelerazioni lineari del mobile, dotando il sistema di un periodo proprio di 86,4 minuti (periodo di Schuler).

La conferenza è terminata con un esame dei risultati raggiunti dai sistemi di guida dei missili partendo da quelli adottati sulle V2 tedesche di sedici anni fa fino a quelli successivi dei missili di media e grandissima distanza, anche in vista delle applicazioni ai satelliti ed alla navigazione spaziale.

Al termine della conferenza, illustrata da numerose proiezioni, l'oratore è stato vivamente applaudito dall'uditorio composto di tecnici e di giovani studenti appassionati a questi nuovi problemi.

✱

## SEZIONE DI CATANIA

Il 21 marzo 1960 alle ore 19, in seconda convocazione, nell'aula delle lezioni dell'Istituto di Chimica Industriale, al Palazzo delle Scienze, si è riunita l'Assemblea generale dei soci della Sezione per discutere il seguente

### ORDINE DEL GIORNO

1. - Comunicazioni.
2. - Bilancio.
3. - Varie.

Apres la seduta il Presidente dr. ing. Carciotto che si compiace del rilevante numero d'intervenuti ai quali porge il suo saluto e ringraziamento. Egli riassume l'attività della Sezione durante lo scorso anno 1959, lamentando lo scarso entusiasmo dei soci per le iniziative prese dalla Presidenza della Sezione. Successivamente espone un dettagliato programma di visite, gite, conferenze ed altre attività culturali che spera svolgere in quest'anno, se la collaborazione dei soci sarà entusiastica per la felice realizzazione.

Poi ricorda con elevate espressioni lo scomparso socio ing. **Mauceri Alfredo**, Consigliere dell'ESE del quale esalta la lunga e multipla attività professionale, nonché le sue ottime qualità morali, e conclude invitando i presenti ad un breve raccoglimento per onorarne la memoria.

Il Presidente passa quindi ad illustrare la situazione dei soci per il 1960. Elenca le perdite avute per l'allontanamento di alcuni soci resisi irreperibili, per quelli trasferiti ad altre Sezioni e per le dimissioni. Poi riferisce sugli acquisti di soci, ottenuti per trasferimenti e nuove iscrizioni, concludendo che si è verificato un aumento di 5 unità, per cui il numero aggiornato degli iscritti risulta di 107. Sul bilancio consuntivo del 1959 rileva la negativa incidenza dei numerosi soci morosi e la svogliata negligenza dei molti che stancano e disordinano il servizio di esazione delle quote sociali. Prega pertanto i presenti di influire sugli assenti per un sollecito versamento delle loro quote. Osserva che grazie alla ospitalità goduta dalla Sezione da parte del CSFN le spese di gestione sostenute nel decorso 1959, sono rimaste ancora esigue, nelle sue varie voci, e che il bilancio si chiude con un attivo di L. 47 500. Aperta la discussione sul bilancio, dopo vari interventi dei soci e le spiegazioni fornite dal cassiere, questo viene approvato ad unanimità.



Esaurito l'ordine del giorno, alle ore 19,40 il Presidente dichiara chiusa la seduta dell'Assemblea generale. Successivamente presenta all'uditorio il dr. ing. **Gino Crivellari** invitandolo a svolgere la sua conferenza sul tema: « **Considerazioni sulla corrente di circolazione nei trasformatori in parallelo** ».

L'ing. Crivellari, dopo un esordio sulle cause che determinano una eventuale corrente di circolazione nei trasformatori in parallelo, analizza l'influenza che hanno su di essa rispettivamente la diversità dei rapporti a vuoto e la differenza delle tensioni di corto circuito riferite alle potenze nominali dei trasformatori.

Mostra così come il contributo effettivo della prima causa dipenda dal fattore di potenza del carico complessivo erogato dal gruppo, mentre il contributo della seconda causa non risente affatto l'influenza di detto fattore di potenza, il quale può avere un valore qualsiasi, sia in ritardo che in anticipo. Il conferenziere dimostra come e perchè i due contributi possano agire sommando o differenziando i loro effetti. Nel primo caso lo sfruttamento totale dei limiti di tolleranza ammessi dalle Norme CEI sulla diversità dei rapporti a vuoto e delle tensioni di corto circuito può non permettere di rispettare le condizioni di ripartizione del carico fra trasformatori in parallelo imposte dalle Norme CEI.

Quest'eventualità si accentua quando, in deroga alle Norme, si richiedono, sulla ripartizione del carico fra trasformatori in parallelo, limiti di tolleranza più ristretti di quelli imposti dalle Norme CEI.

L'ing. Crivellari chiude la sua esposizione illustrando tali concetti con un esempio numerico, ponendo in risalto come lievi variazioni costruttive sul rapporto a vuoto, possono sempre correggere la ripartizione del carico dovute a differenze sensibili delle tensioni di corto circuito, per farle rientrare entro il limite di tolleranza contrattuale per quanto ristretto possa essere.

Alla fine della conferenza l'ing. Crivellari ha risposto esaurientemente ai chiarimenti richiesti da alcuni dei presenti, dopo di che il Presidente ha chiuso la riunione ringraziando il conferenziere per la sua comunicazione.

\*

#### SEZIONE DI LIVORNO

Il giorno giovedì 31 marzo 1960, in Livorno presso la Sezione, Scali D'Azeglio 44, si è riunita alle ore 18, in seconda convocazione, l'**Assemblea generale ordinaria dei soci** con il seguente

##### ORDINE DEL GIORNO

1. - Relazione del Presidente sull'attività dell'anno 1959.
2. - Approvazione del bilancio consuntivo dell'anno 1959 e preventivo per l'anno 1960.
3. - Elezione di un Consigliere di Sezione.
4. - Varie.

Il Presidente prof. Ugo Tiberio ringraziando i numerosi presenti per la loro partecipazione ha riassunto la situazione ed il movimento dei soci, mettendo in rilievo come il numero dei soci sia rimasto pressochè invariato nonostante il trasferimento ad altre Sezioni di numerosi soci e l'aumento della quota sociale per l'anno 1960.

Successivamente il Cassiere sig. Arnaldo Disperati riferisce sulla situazione di cassa ed il revisore dei conti sig. Renato Gori espone il bilancio finanziario dell'anno 1959 e quello preventivo per l'anno 1960, bilanci che vengono discussi e approvati all'unanimità.

Il Presidente riferisce poi sull'attività culturale della Sezione che ha compreso n. 7 conferenze ed una gita a Parigi in occasione dell'Esposizione Generale delle Industrie Elettriche Francesi.

In relazione all'attività futura dell'anno in corso fa presente che molto probabilmente avranno luogo nel mese di maggio due conferenze tenute rispettivamente dall'ing. Franco Nencioni e dal prof. Giuseppe Melinossi, la prima sul tema: « Sul valore massimo asimmetrico della corrente nei trasformatori monofasi e trifasi » e la seconda sul tema: « La trasmissione dell'energia elettrica nelle grandi reti ».

Dopo aver ricordato la fattiva opera svolta dal compianto Consigliere ing. Pietro Staderini il Presidente presiede alla elezione di un nuovo Consigliere di Sezione che viene scelto all'unanimità nella persona dell'ing. **Ugo Vaudagna**.

Il Presidente alle ore 18,30 formulando auguri per l'attività

della Sezione, e ringraziando di nuovo gli intervenuti dichiara chiusa l'Assemblea.

A questa segue una conferenza del dr. ing. **Giovan Battista Gerace** sul tema: « **Linee di sviluppo dei moderni calcolatori elettronici** ».

\*

#### SEZIONE DI NAPOLI

Venerdì 19 febbraio 1960 il dr. ing. **Giuseppe Foddis**, Consigliere Direttore Generale della Società Esercizi Telefonici, Napoli, ha tenuto una conversazione sul tema: « **Sopra un problema morfologico delle reti interurbane** ».

L'oratore, dopo un breve cenno introduttivo dell'argomento, che si riferisce in particolare modo ad un problema di progettazione delle reti telefoniche interurbane in regime di teleselezione, prendendo le mosse dalle norme del Piano Regolatore Telefonico Nazionale, la cui redazione venne influenzata dalle condizioni generali del servizio nel periodo che precedette il rinnovo delle Convenzioni fra lo Stato Italiano e le Concessionarie, mette in rilievo la necessità di una retta interpretazione e, in parte, di una revisione di alcune di tali norme. In modo speciale egli si sofferma a trattare a fondo della convenienza pratica ed economica di usare, ove ne sia il caso, fasci di circuiti cosiddetti « trasversali » per il deflusso del traffico diretto fra località della rete secondaria o compartimentale, di pertinenza delle Concessionarie.

Al termine della conferenza che è stata seguita con grandissima attenzione da parte dei numerosissimi intervenuti, l'oratore è stato vivamente applaudito.

\*

Venerdì 26 febbraio 1960 il dr. ing. **Umberto Levéque**, della SIELTE S.p.A., Roma, ha tenuto una conversazione sul tema: « **Nuovi aspetti della commutazione telefonica automatica ed il Sistema Crossbar** ».

L'oratore riprendendo un tema che ritorna ad essere di grande attualità con l'introduzione dei Crossbar nella tecnica della commutazione, presenta l'argomento riassumendo brevemente i principi teorici sui quali si basa la commutazione telefonica. Passa quindi ad illustrare quali modificazioni sostanziali abbia introdotto nella commutazione automatica l'adozione dei selettori e registri crossbar, i quali, per le specifiche caratteristiche del sistema, la notevole flessibilità ammessa e l'alta velocità di funzionamento con un grado di qualità veramente rimarchevole, consentono delle soluzioni particolarmente interessanti soprattutto nei casi più complessi quali quelli che si verificano nelle reti a teleselezione integrale. L'adozione del sistema crossbar, consente così di migliorare notevolmente il rendimento dei fasci, permettendo la utilizzazione più spinta di questi, tenuto conto della distribuzione casuale effettiva degli eventi. Questa qualità del sistema viene brillantemente messa in luce dall'oratore che ne ricava il valore modificato mediante una formula che, partendo dalle note espressioni dell'Erlang, in modo molto semplice permette di evidenziare le caratteristiche precipue del sistema.

La trattazione è stata seguita con vivo interesse da tutti gli intervenuti, soprattutto perchè i criteri esposti costituiscono i criteri di base per la soluzione dei problemi connessi con la commutazione elettronica.

Al termine della conferenza si è avuto un vivace dibattito con particolare riferimento ad un problema relativo alla rete di distribuzione della città di Roma.

Alla fine, l'oratore è stato vivamente applaudito.

\*

#### SEZIONE DI TRIESTE

Il giorno 18 febbraio 1960 ha avuto luogo la inaugurazione dell'anno culturale 1960 della Sezione di Trieste dell'Associazione Elettrotecnica Italiana, con l'intervento del prof. dr. ing. **Carlo Jachino**, direttore dell'Istituto di Tecnologie Generali dell'Università di Bologna, il quale ha tenuto la conferenza inaugurale sul tema: « **Moderni sistemi di segnalamento ferroviario** ».

Alla presenza delle Autorità locali e davanti a un pubblico numeroso e attento, il prof. Jachino ha illustrato i concetti informativi che presiedono alla sicurezza e regolarità della

circolazione dei treni in linea e nelle stazioni, e i principi che vengono realizzati negli impianti di segnalamento ferroviario.

Passati in rassegna i vari sistemi di impianti, si è soffermato su quelli più moderni del tipo con comandi a itinerari mettendone in rilievo le peculiari caratteristiche di automatismo, elasticità e sicurezza.

\*

Il giorno 10 aprile 1960 poi, per gentile concessione del Direttore Compartimentale delle FF.SS., è stata effettuata la preannunciata **visita alla Cabina e al nuovo impianto di Apparat Centrali Elettrici a itinerari della Stazione di Trieste Centrale.**

Ai numerosi soci intervenuti, che si sono interessati con molta attenzione alle spiegazioni, l'ing. Fiorucci, della locale Divisione Impianti Elettrici delle FF.SS., ha illustrato nei particolari le caratteristiche di funzionamento dell'impianto del banco di manovra, del quadro luminoso e delle varie e complesse apparecchiature che lo costituiscono.

\*

#### SEZIONE VENETA

Il giorno 24 marzo 1960 presso l'Istituto di Elettrotecnica dell'Università di Padova il dr. ing. **Silvio Barigozzi**, del Tecnomasio Italiano Brown Boveri, ha tenuto una conferenza sulle « **Attualità e prospettive nel progetto e nella costruzione dei turboalternatori** ».

L'oratore, premessi alcuni cenni introduttivi, ha delineato le condizioni che hanno determinato lo sviluppo dei turboalternatori verso potenze unitarie molto maggiori di quelle

delle macchine sincrone a poli salienti per centrali idrauliche.

Ha quindi tracciato un parallelo tra macchine dei due tipi, entrambe di media potenza e raffreddate in aria, con raffronto dei valori assunti nei due casi da diverse grandezze caratteristiche, riguardanti il funzionamento elettrico in regime permanente e in regime transitorio, e infine riguardanti il comportamento meccanico.

Successivamente l'oratore ha considerato le ragioni e la portata dei vantaggi acquisiti con l'introduzione del raffreddamento a idrogeno, passando quindi a delineare le caratteristiche dei moderni sistemi di raffreddamento con idrogeno in pressione a stretto contatto col rame rotorico e con olio nello statore.

Alcune osservazioni sul modo in cui i forti incrementi di potenza, ottenuti mediante tali sistemi di raffreddamento, si ripercuotono sulle principali grandezze caratteristiche elettriche e meccaniche, hanno concluso la brillante ed applaudita conferenza.

\*

Il giorno 1° aprile 1960, presso l'Istituto di Elettrotecnica dell'Università, il dr. ing. **Francesco Pandarese** ha tenuto una conversazione sui « **Filtri in regime statistico** ». Date le definizioni di « filtro ideale » e « filtro ottimo », l'oratore ha matematicamente impostato il problema della determinazione dell'errore minimo ottenibile con un « filtro ottimo ». La soluzione del problema con le leggi statistiche è laboriosa: sono stati forniti i risultati finali.

Docenti, ingegneri e studenti dell'Istituto sono più volte vivamente intervenuti nel corso della proficua discussione.

## COMITATO ELETTROTECNICO ITALIANO

### Riunioni dei Sottocomitati e delle Commissioni di studio del CEI avvenute nel mese di maggio 1960

*presso la sede del CEI o in altra sede specificata*

2 maggio, ore 17 - Sottocomitato 108 « **Apparecchi per radiologia ed elettromeccanica** » - Commissione « **Apparecchi elettromedicali** »; presiede prof. dr. Franco Fossati.

— Insediamento della Commissione.

3 maggio, ore 15 - Sottocomitato 31 « **Materiali antideflagranti** ». Riunione plenaria; presiede dr. ing. Melone Menato.

1) Discussione sulle pendenze in campo internazionale sulle costruzioni antideflagranti:

a) 31 G: materiale a sicurezza intrinseca;

b) 31 E: macchine antideflagranti in olio;

c) 31: macchine antideflagranti in generale.

2) Informazioni sui lavori in corso della Commissione di Studio 11/11 « **Impianti nei locali con pericolo d'incendio o di esplosione** ».

5 maggio, ore 9,30 - Sottocomitato 36 « **Isolatori** » - Commissione « **Isolatori in vetro** »; presiedono ingegneri C. Seassaro e R. Spasciani.

— Esame osservazioni CCN al progetto « Norme per isolatori di porcellana e isolatori di vetro » prima della stampa definitiva.

5 maggio, ore 10 - Sottocomitato 41 « **Relè** ». Riunione plenaria; presiede prof. dr. ing. A. Parrini.

— Continuazione discussione doc. IEC 41 (Secretariat) 3.

6 maggio, ore 9 - Sottocomitato 20 « **Cavi** ». Riunione plenaria; presiede dr. ing. A. Gulinello.

— Esame del progetto di Norme italiane per cavi isolati con carta impregnata (7ª bozza).

9 maggio, ore 17 - Sottocomitato 108 « **Apparecchi per radiologia ed elettromedicina** » - Commissione « **Apparecchi radiologici** »; presiede prof. dr. Franco Fossati.

— Insediamento della Commissione.

14 maggio, ore 9 - Sottocomitato 9 « **Trazione** » - Gruppo di Lavoro per la revisione « **Norme impianti elettrici per filovie e veicoli ferroviari** »; presiede dr. ing. U. Ferella.

1) Esame del materiale raccolto.

2) Impostazione del programma di lavoro.

3) Inizio discussione sui primi punti.

17 maggio, ore 15 - Sottocomitato 40 « **Componenti per apparecchiature elettroniche** » - Commissione 40-1 « **Condensatori e isolatori** »; presiede dr. ing. M. Mariani.

1) Relazione sul lavoro preparatorio e di coordinamento svolto dai Membri della Commissione:

a) partecipazione al Gruppo di Lavoro del Sottocomitato 40 per la ristampa delle Norme generali sulle prove climatiche e meccaniche;

b) partecipazione al Gruppo di Lavoro UNEL per resistori;

c) partecipazione al Gruppo di Lavoro del Sottocomitato 109 « **Controllo statistico di Qualità** » per la campionatura a base probabilistica in relazione alle prove di accettazione sui componenti elettronici.

2) Approvazione Norme sui « **Condensatori a nastro dielettrico avvolto per corrente continua** ».

3) Approvazione Norme su « **Resistori fissi non a filo di tipo I e II** ».

19 maggio, ore 15 - Sottocomitato 11 « **Impianti** » - Comitato di Redazione della Commissione 11/11 « **Impianti nei locali con pericolo di incendio o di esplosione** »; presiede dr. ing. G. E. Niccoli.

— Esame luoghi con pericolo di esplosione o di incendio in dipendenza della presenza o sviluppo di polveri esplosive, se in sospensione nell'aria, o infiammabili.

19 maggio, ore 17 - Sottocomitato 39 « **Tubi elettronici e semiconduttori** » - Gruppo di Lavoro per « **Metodi di prova dei tubi elettronici** »; presiede dr. ing. G. Gratta.

— Riunione in preparazione alla prossima riunione internazionale di Londra (15-17 giugno 1960).

20 maggio, ore 15 - Sottocomitato 14 « **Trasformatori** ». Riunione preparatoria al convegno IEC del Comitato Tecnico 14 a Londra (8-10 giugno 1960); presiede dr. ing. E. Balp.

— Revisione pubblicazione IEC n. 76 (1955).

21 maggio, ore 9,30 - Sottocomitato 9 « **Trazione** ». Riunione plenaria; presiede dr. ing. A. D'Arbela.

1) Comunicazioni del Presidente.

2) Esame osservazioni presentate dalla CCN al progetto



di Norme per la richiesta e l'offerta di equipaggiamenti elettrici per trazione ferroviaria con alimentazione da rete a corrente continua. Esame eventuali controproposte dei Membri.

3) Continuazione dell'esame del progetto di Norme per l'apparecchiatura elettrica a bordo di rotabili automatici elettrici alimentati da linee di contatto e della nomenclatura relativa.

24 maggio, ore 14,30 - Sottocomitato 2 « Macchine rotanti » Commissione 2 F « Spazzole per macchine elettriche »; presiede prof. L. Merigliano.

1) Esame doc. IEC 2 F (C.O.) 3.

2) Esame di alcuni elementi connessi con le spazzole (terminali, rapporti tra la sezione dei flessibili e quella delle spazzole, molle, ecc.).

24 maggio, ore 15 - Sottocomitato 109 « Controllo Statistico di Qualità ». Riunione plenaria; presiede prof. dr. ing. P. Sillano.

1) Approvazione e discussione bozza di Norme.

2) Preparazione ulteriore programma del Sottocomitato.

30 maggio, ore 15 - Sottocomitato 36 « Isolatori » - Commissione « Isolatori telefonici »; presiede dr. ing. G. Gatta. — Nuove Norme « Isolatori telefonici ».

31 maggio, ore 10 - Sottocomitato 41 « Relè ». Riunione plenaria; presiede prof. dr. ing. A. Parrini.

1) Programma per le prossime manifestazioni internazionali.

2) Programma per la revisione delle Norme italiane.

31 maggio, ore 15 - Sottocomitato 45 « Apparecchi di misura utilizzati in relazione con radiazioni ionizzanti »; presiede prof. E. Gatti.

— Insediamento del Sottocomitato e inizio dei lavori.

✱

## Relazione sulla Riunione del Gruppo di esperti del SC 17B della IEC (Interruttori automatici BT)

(Parigi, 3, 4 e 5 dicembre 1959)

La riunione aveva lo scopo di definire il testo del Progetto sugli Interruttori BT per distribuzione, sulla base delle decisioni di Madrid e del doc. 17 B (Secretariat) 28, che sarà sottoposto all'approvazione dei Comitati Nazionali secondo la regola dei 6 mesi.

Il Segretariato, tenuto da Mr. de Maistre, aveva provveduto anche questa volta a preparare una raccolta delle osservazioni da tenere in conto per l'esame del documento base, e tale raccolta (doc. 17 B (Secretariat-Paris) 4) è risultata di grande aiuto per l'efficacia del lavoro.

Sostanzialmente, si è trattato quasi soltanto di questioni formali.

Può valere la pena di ricordare a parte, rinviando per il resoconto completo ai verbali che il Segretariato invierà ai Comitati Nazionali secondo la procedura normale, i punti seguenti:

A riguardo dei limiti di riscaldamento, alla tabella V di 7.3.5 del Progetto, si è ritenuto di non apportare variazioni, non ostante le proposte di aumentare tali limiti, avanzate da Cecoslovacchia e Germania. Tuttavia, nella nota 5 della tabella sarà aggiunta la menzione delle classi di isolamento A, E, B e F, nel senso che il riscaldamento dei terminali per connessione a conduttori isolati, fissato a 50 °C di norma, potrà essere ammesso a 65 °C se i terminali dovranno essere connessi a conduttori nudi, « oppure a conduttori isolati con materiali delle classi A, E, B oppure F ».

A riguardo delle prove di tensione, si è deciso di specificare che la tensione alternata può avere una frequenza pur che sia, compresa fra 45 e 65 p/s.

A riguardo delle prove del potere d'interruzione, è stato concordato di inserire la prescrizione secondo cui, oltre che al potere d'interruzione, devono anche essere provati una volta, in apertura alla corrente critica, quegli interruttori che mostrano di avere una corrente critica.

Tuttavia, per quanto riguarda il complesso delle prove in condizioni di corto circuito, è stato concordato che il Segretariato invierà quanto prima un questionario a tutti i Comitati Nazionali. Il testo di tale questionario è stato approvato dal Gruppo di Esperti, e di esso è stato riferito a parte e particolareggiatamente in sede di Sottocomitato 17 - CEI con la

lettera del 10-12-59 con argomento: Attività del Sottocomitato 17 B della IEC trasmessa per conoscenza alla Segreteria del CEI.

A riguardo delle prove del potere di chiusura, è stato riconosciuto che nel testo delle prescrizioni deve figurare che la prova separata del potere di chiusura (pag. 32 del doc. 17 B (Secretariat) 28, comma c), terzo capoverso) è ammessa soltanto per gli interruttori non muniti di sganciatori serie, e non in generale nel ciclo normale di prova.

Tuttavia, nelle minute non ufficiali avute dal sig. de Maistre, questo punto non figura chiaro, e pertanto ho provveduto a chiedere rettifica.

Inoltre, è stata riproposta la opportunità di chiarire che il valore di picco della corrente registrato nella prova di taratura del circuito di prova si può attribuire anche alla corrente effettiva di una prova su un apparecchio, a condizione che l'istante di stabilimento della corrente rispettivamente nelle due prove sia praticamente il medesimo.

Il Comitato ha riconosciuto la correttezza della proposta, ma, ancora una volta, non ha ritenuto di adottarla nel testo, che continua a restare senza cenno alla condizione sopra detta, e perciò erroneo.

A riguardo delle caratteristiche degli sganciatori, è stato concordato un testo dell'articolo relativo, che prima era il 7.6.2.2, e che ora sarà disposto nel punto più conveniente di 4.5, a cura del Comitato di Redazione. In tale articolo si definiranno le caratteristiche degli sganciatori istantanei come segue:

- corrente nominale dello sganciatore;
- campo di regolazione.

Si prescriverà inoltre che lo sgancio non dovrà avere luogo per corrente che non superi il 90 % del valore di regolazione, e dovrà avere luogo certamente con corrente che raggiunga il 110 % del valore di regolazione.

Per gli sganciatori a tempo, le caratteristiche di specificazione saranno:

a) *Tipo dello sganciatore*: a tempo indipendente dalla corrente, a tempo dipendente dalla corrente, ma indipendente dal carico precedente, a tempo dipendente dalla corrente e dal carico precedente (come gli sganciatori termici, compensati o no per le variazioni della temperatura ambiente).

b) *Corrente nominale dello sganciatore*.

c) *Campo di regolazione*. Si prescriverà che, senza specificazioni contrarie, la corrente di regolazione per gli sganciatori di tipo non termico deve essere indipendente dalla temperatura ambiente nei limiti fra meno 5 °C e 40 °C, e per gli sganciatori del tipo termico, i valori dovranno essere riferiti a una temperatura dell'aria ambiente di 20 °C, senza altra restrizione sull'effetto di variazioni di tale temperatura.

d) *Ritardo*, sotto le condizioni seguenti:

1) sganciatori con ritardo indipendente dalla sovracorrente: durata in secondi del tempo di apertura, se non è aggiustabile, o i valori estremi del tempo di apertura, se questo è aggiustabile;

2) sganciatori con ritardo dipendente dalla sovracorrente: il tempo di apertura deve essere dato sotto forma di tavole o di curve (con la corrente in ascisse e il tempo in ordinate), a cura del costruttore, e l'indicazione deve arrivare al minimo alla corrente pari a 10 volte la nominale. Queste tavole o curve devono essere date per i valori estremi del campo di regolazione, e inoltre, se il tempo di apertura è aggiustabile, per i valori estremi consentiti da tale aggiustabilità.

In mancanza di specificazioni diverse, si deve assumere che il tempo di apertura per sganciatori non termici è praticamente indipendente dalla temperatura ambiente entro i limiti fra — 5 °C e 40 °C; mentre per gli sganciatori termici le tavole o le curve dei tempi di apertura corrispondono alla temperatura ambiente di 20 °C.

Per le condizioni di operazione, si prescriverà quanto segue:

— per gli sganciatori non termici, con l'approssimazione del 10 % in più e in meno, che l'interruttore non deve aprirsi fin tanto che la corrente è inferiore a 0,9 volte la corrente di regolazione, e deve aprirsi certamente quando la corrente raggiunge 1,1 volte il valore di regolazione;

— per gli sganciatori del tipo termico, dopo che siano state apportate tutte le correzioni relative alla temperatura dell'aria ambiente;

— a 1,05 volte il valore della corrente di regolazione, lo sgancio non deve avere luogo in meno di due ore, a partire da freddo, cioè con lo sganciatore alla temperatura ambiente;

— a 1,20 volte il valore della corrente di regolazione, lo sgancio *deve* avere luogo in meno di due ore, partendo da caldo, ossia con lo sganciatore alla temperatura di regime corrispondente al valore della corrente di regolazione.

Molto tempo è stato inoltre dedicato alle definizioni complete che compaiono nel testo.

Erano presenti i signori: *de Maistre*, Segretario, Francese; *Elbaum*, Polacco; *Lerstrup*, Danese; *Kiessling*, Svedese; *Brierly*, Inglese; *Heumann*, Americano; *Cohn*, Tedesco; e il sottoscritto.

S. B. Toniolo

✱

## Riunione del Comitato di Studio N. 24 (Grandezze e unità elettriche e magnetiche)

(Madrid, 6-7-8 luglio 1959)

Presenti 28 Delegati, rappresentanti 15 Comitati Nazionali, insieme a un rappresentante della UIPFA, uno dell'ISO e uno della CIML; Presidente il prof. C. C. Chambers degli USA; Delegati del CEI R. Marenesi ed R. Sartori.

Si riassumono gli argomenti di discussione e le decisioni di maggiore importanza.

Eliminate alcune osservazioni di forma, è stata confermata la decisione presa l'anno precedente a Stoccolma circa il segno della potenza reattiva, che verrà adottata come raccomandazione della CEI. Si ricorda che il testo approvato è il seguente:

« La CEI raccomanda di attribuire il segno positivo alle potenze reattive assorbite da una bobina di reattanza.

« Nota. La CEI considera che la potenza reattiva può essere prodotta, trasmessa o assorbita con la convenzione che un condensatore ne produca e una bobina di reattanza ne assorba.

« In conseguenza, l'uso degli aggettivi "induttiva" e "capacitiva", in unione al termine "potenza reattiva", non è più necessario ».

Sul nome del sistema di unità M.K.S.A. si sono riaperte discussioni di carattere formale, dopo le quali si è concordato di chiedere ai Comitati Nazionali l'approvazione del seguente testo di raccomandazione:

« La CEI raccomanda l'adozione della denominazione "Sistema Giorgi" per il sistema di unità fondato sulle quattro unità fondamentali seguenti:

metro  
kilogrammo  
secondo  
ampere.

« L'unità fondamentale "kilogrammo" è l'unità di massa del sistema.

« Tuttavia è ugualmente ammessa la denominazione "Sistema M.K.S.A." ».

« La CEI riconosce che quanto sopra è conforme con la seguente decisione presa dal Comitato Internazionale di Pesi e Misure, al quale la Conferenza Generale di Pesi e Misure diede pieni poteri per la scelta del nome da dare al sistema di unità da usare nei rapporti internazionali, cioè: "adottare la denominazione 'sistema internazionale di unità' per il sistema di unità basato sulle sei unità fondamentali adottate dalla decima Conferenza Generale di Pesi e Misure:

metro  
kilogrammo  
secondo  
ampere  
candela  
grado Kelvin ».

Si è definitivamente completata la tabella delle equazioni razionalizzate nel campo elettromagnetico, che verrà pubblicata a parte, per non appesantire troppo questa relazione.

Altre discussioni, che non sono ancora concluse, ebbero per oggetto la proposta di dare un nome all'unità di forza magnetica o di forza magnetomotrice.

Si è poi raggiunto un accordo definitivo circa le tabelle dell'ISO, per il quale queste seguiranno le decisioni della CEI nel campo delle designazioni, definizioni e simboli relativi alle grandezze e unità elettriche e magnetiche e con-

terranno chiara indicazione di eventuali aggiunte non comprese nelle raccomandazioni della CEI.

Infine si continua il lavoro per raccogliere ordinatamente la storia delle decisioni del Comitato 24, per il quale verrà richiesta a suo tempo la collaborazione di tutti i Comitati Nazionali.

R. Sartori

✱

## Riunione del Sottocomitato 39-1 della IEC (Tubi elettronici)

(Madrid, 2-7 luglio 1959)

I lavori hanno avuto inizio con l'approvazione del verbale RM.518/SC.39-1 della riunione di Stoccolma.

È stata quindi decisa l'istituzione di un Gruppo di Lavoro sui metodi di misura con il seguente programma: a) misure di soffio e di ronzio; b) misure del fattore di rumore; c) misure di ammettenza; d) metodi di prova dei tubi.

Il Gruppo ha subito iniziato il suo compito. Contemporaneamente il Sottocomitato ha affrontato la discussione di numerose proposte riguardanti aggiunte o varianti alla Pubblicazione 67 « Dimensions of Electronic Tubes and Valves »; proposte riguardanti gli schizzi e le dimensioni dei cinescopi e dei tubi a raggi catodici; proposte riguardanti la numerazione e la designazione degli elettrodi dei tubi a raggi catodici. È stata decisa l'emissione di sei documenti sotto la regola dei sei mesi.

Il Sottocomitato ha quindi esaminato le proposte per una revisione della Pubblicazione 100 « Recommended methods for the measurement of direct interelectrode capacitances of electronic tubes and valves ». In particolare ha esaminato vari sistemi di simboli proposti per definire le capacità interelettrodiche; proposte per stabilire le frequenze di riferimento per la misura delle capacità interelettrodiche; ed infine la proposta tedesca [39-1 (Germany) 1] per la modifica dello zoccolo già normalizzato.

A questo proposito il Sottocomitato, pur riconoscendo che in alcuni casi particolari lo zoccolo, proposto dal Comitato tedesco, dà dei risultati più vicini a quelli che si ottengono in pratica sulle varie apparecchiature, tuttavia, d'accordo con la proposta italiana [39-1 (Italy) 1] non ha ritenuto opportuno rendere obbligatorio questo zoccolo.

Il Segretariato farà circolare uno speciale foglietto informativo nel quale viene descritto lo zoccolo tedesco. Questo per facilitare il suo impiego in alcuni casi particolari. Tuttavia lo zoccolo non verrà incluso nel documento del Segretariato.

*Misure di soffio e di ronzio.* — Il Gruppo di Lavoro sui metodi di misura ha preparato un documento [39-1 (Madrid) 7] in cui è descritto un metodo raccomandato per la misura del soffio e del ronzio; su questa base il Segretariato emetterà un documento che verrà fatto circolare sotto la regola dei sei mesi.

*Misure di ammettenza equivalente d'ingresso e di uscita.* — È stato esaminato il documento 39-1 (Secretariat) 9. Sono state apportate alcune modifiche di carattere redazionale.

Sono state normalizzate le frequenze di misura. Tali frequenze devono essere mantenute entro 1% e devono essere scelte tra i seguenti valori: 50 MHz; 100 MHz e 200 MHz. Se fossero richieste frequenze più alte si dovrebbe scegliere 500 MHz; 1 GHz.

*Metodi di prova dei tubi elettronici.* — Il Gruppo di Lavoro dei metodi di misura ha esaminato l'intero campo dei metodi di prova; ha deciso di usare, come documento base, il 39 (USA) 48 ed ha proposto il seguente nuovo programma di lavoro:

Tensione e corrente di riscaldamento (Olanda).

Correnti degli elettrodi (Olanda).

Transconduttanza, resistenza interna, fattore di amplificazione, e transconduttanza di conversione (Germania).

Isolamento tra gli elettrodi (Giappone).

Emissione (c.c. e ad impulsi) (Inghilterra).

Emissione primaria e secondaria (Inghilterra).

Potenza d'uscita (Francia).

Rumore acustico (Olanda).

Rumore meccanico (Inghilterra).

Considerazioni teoriche sul rumore (USA).

Fattore di rumore (Inghilterra).



Smorzamento d'ingresso e ammettenza (Olanda).  
Impedenza d'interstrato (misure pratiche) (USA).  
Urto meccanico (Inghilterra).

Questo programma è stato accettato. I Comitati Nazionali citati nell'elenco si sono impegnati a preparare documenti sugli argomenti indicati accanto ai loro nomi.

**Simboli letterali.** — È stato deciso di intensificare il lavoro in questo settore creando un Gruppo di Lavoro ed invitando i Comitati Nazionali ad inviare commenti ai documenti 39-1 (France) 14, 39-1 (Japan) 7.

P. Schiaffino

✱

### Riunione del Sottocomitato 39-2 della IEC (Semiconduttori)

(Madrid, 30 giugno-6 luglio 1959)

I lavori hanno avuto inizio con l'approvazione del verbale R.M.519 della riunione precedente, modificato dal documento 39-2 (Madrid) 9.

Si sono formati 4 Gruppi di Lavoro:

Gruppo 1 - Nomenclatura, definizioni e simboli letterali.

Gruppo 2 - Dati di targa e caratteristiche essenziali.

Gruppo 3 - Metodi di prova.

Gruppo 4 - Normalizzazione meccanica. (Questo settore non era stato particolarmente considerato nelle Riunioni di Västerås, Stoccolma).

Altri argomenti sono stati trattati nelle riunioni plenarie dell'intero Sottocomitato.

Il prof. Francini ha partecipato alle riunioni dei gruppi 2 e 3 ed il prof. Manfrino a quelle dei gruppi 1 e 4.

Il primo gruppo ha deciso di occuparsi non soltanto delle definizioni di impiego pratico, utili nei rapporti tra fabbricanti ed utenti, ma anche delle definizioni di carattere fisico. Ha riveduto inoltre la lista dei simboli letterali secondo i criteri generali di guida suggeriti dal Comitato Simboli della IEC.

Il secondo gruppo ha approvato la seguente lista dei valori di temperatura:

— 65 °C; — 55 °C; — 25 °C; — 10 °C; 25 °C; 45 °C; 55 °C; 60 °C; 70 °C; 85 °C; 100 °C; 125 °C; 150 °C; 175 °C; 200 °C; 250 °C; 300 °C.

Le grandezze riportate dai fabbricanti sui fogli caratteristici dei transistori dovrebbero essere misurate per alcune temperature scelte tra questo elenco.

La lista delle temperature sarà preceduta, nelle Raccomandazioni della IEC, dalle seguenti parole: « Caratteristiche e valori nominali dovrebbero essere riferiti ad una specifica temperatura ambiente o interna (dell'anima o nucleo), a seconda di come sia più appropriato ».

Il terzo gruppo ha elaborato i criteri e principi generali a cui devono rispondere i metodi di misura. Il relativo testo, previo lavoro redazionale, verrà sottoposto all'approvazione secondo la regola dei sei mesi. Queste norme e principi di carattere generale costituiranno poi un'appendice al documento riguardante l'argomento: « Dati di targa e caratteristiche essenziali ».

Il quarto gruppo ha iniziato i lavori sugli schizzi, schemi e dimensioni dei dispositivi a semiconduttori. La Segreteria preparerà un documento su tale argomento.

Non sono stati trattati i seguenti argomenti che erano compresi nell'agenda dei lavori:

Codice pratico.

Sistemi di classificazione per dispositivi a semiconduttori.

È da segnalare che, su proposta di varie Delegazioni nazionali, è stato deciso di chiedere al Comitato Tecnico 39 di intraprendere, presso il Comitato d'Azione, passi per trasformare in Comitato Tecnico Indipendente il Sottocomitato 39-2.

Il programma dei lavori per la prossima Riunione Generale comprenderà gli stessi argomenti trattati quest'anno, con l'aggiunta della trattazione dei « Simboli grafici » da svolgere in cooperazione col Comitato Tecnico 3.

P. Schiaffino

✱

### Relazione sulla Riunione del Gruppo di lavoro distanze in aria e linee di fuga

(Parigi, 26-28 novembre 1959)

Presenti: Mr. H. Thommen, Presidente, A. Cohn, D. Fabrizio, M. G. Garagnon, G. W. Heumann, Illenkamp, B.

Kiessling, J. O. Knowles, G. P. Lacroix, K. Lerstrup, E. H. B. Martin.

I signori Knowles e Caragnon hanno preso parte alla riunione unitamente all'ing. Fabrizio ed al sig. Kiessling (membri dei Comitati Tecnici 17 e 18) anche in rappresentanza del Comitato Tecnico 18.

Il Presidente apre la seduta riassumendo brevemente la situazione del documento e fa presente di avere ricevuto proposte da parte dei signori Kiessling, Heumann e Fabrizio ed alcune considerazioni da parte del sig. Knowles.

Il Presidente pone ai voti i seguenti quesiti:

1) Si devono stabilire differenti linee di fuga per i diversi materiali?

A maggioranza è risultato che i diversi Delegati sono del parere che per quanto riguarda le distanze di sicurezza verso gli involucri non si deve tenere conto dei diversi tipi di materiali, mentre i pareri sono discordi sulla specificazione di distanze diverse in relazione ai materiali tra parti in tensione dell'apparecchio.

2) Devono essere fissate linee di fuga e distanze in aria tra parti in tensione?

La maggioranza è del parere che tali distanze non devono essere fissate e che il problema potrà essere affrontato di nuovo in futuro, quando l'esperienza in questo campo sarà maggiore.

Preso atto di tale orientamento il Presidente decide di esaminare i valori delle distanze verso le parti accessibili proposti dal Delegato americano.

Dopo varie considerazioni sull'argomento, vista l'impossibilità di conciliare i pareri notevolmente discordi tra i diversi Delegati, a titolo di compromesso vengono fissate per le parti accessibili (custodie di protezione) quattro classi di distanze: le prime due (« a » e « b ») tengono conto degli orientamenti europei, le altre due (« c » e « d ») degli orientamenti americani.

Sono stati apportati anche alcuni ritocchi, quasi tutti di carattere formale, al documento approntato nella recente riunione di Madrid.

Su proposta di vari Delegati è stato stabilito di presentare il documento al Sottocomitato 17 accompagnato da una nota esplicativa nella quale siano messe chiaramente in evidenza le difficoltà incontrate nella compilazione del documento stesso. I punti principali di detta nota sono riportati qui di seguito:

1) Non è stato possibile raggiungere un accordo sulle distanze tra parti in tensione.

2) Si è preferito stabilire le sole distanze verso le parti accessibili per la sicurezza del personale che deve manovrare le apparecchiature elettriche.

3) Non è stato possibile stabilire un unico valore per ogni valore di tensione. In tal senso aveva particolarmente insistito il Delegato italiano.

4) I diversi valori sono giustificati dalle seguenti considerazioni:

a) necessità di tenere conto dei diversi tipi di apparecchi (interruttori, contattori ecc.);

b) necessità di tenere conto di diverse condizioni climatiche e di installazione;

c) necessità di tenere conto dell'eventuale messa a terra o meno delle custodie di protezione dell'apparecchio.

5) Non è stato possibile tenere conto dei diversi tipi di materiale in quanto non si conosce fino ad oggi un metodo di prova raccomandabile. A questo proposito è stato chiaramente stabilito che il metodo di prova riportato nella pubblicazione 112 della IEC (prova alla goccia) non è ancora stato convalidato dall'esperienza e che inoltre « l'indice di tracciamento » non è un dato sicuro perché può dipendere anche dalla temperatura ambiente, dall'umidità e dalla presenza dei diversi tipi di polvere che si possono avere nei diversi ambienti.

Daniele Fabrizio

✱

### Progetti UNEL in inchiesta pubblica

La UNEL ha pubblicato per l'inchiesta pubblica i seguenti progetti di unificazione:

UNEL Pr 1088 - Senso di manovra degli interruttori elettrici con comando a levetta per aeromobili.

UNEL Pr 938-940 - Lampade a incandescenza per funzionamento in parallelo, sferiche e con attacco a baionetta, e cilindriche con attacco doppio, per rotabili ferroviari.

UNEL Pr 1041-1051 - Cavi per radiofrequenze.

Il termine per la presentazione delle osservazioni è stato stabilito rispettivamente al 10 luglio, 20 luglio, 30 luglio 1960. I fascicoli possono essere ottenuti gratuitamente facendone richiesta all'UNEL (Milano, via Donizetti 30).

## ISTITUTO ITALIANO DEL MARCHIO DI QUALITÀ

### Relazione sull'attività dell'Istituto Italiano del Marchio di Qualità per l'anno 1959

#### ATTIVITÀ DELL'ISTITUTO.

L'attività svolta dall'Istituto nel 1959, si può riassumere come segue:

#### SETTORE CAVI.

Nel corso dell'anno nessun tipo di cavo è stato ammesso al regime del Marchio; i tipi ammessi sono perciò sempre 47 e precisamente:

#### *Cavi isolati in gomma.*

(Il numero corrisponde alla tabella).

- UNEL 35311 - Cordoncino flessibile a spirale visibile (grado di isolamento 1,5).
- UNEL 35312 - Cordoncino flessibile piatto o rotondo (grado di isolamento 1,5).
- UNEL 35313 - Cordoncino flessibile sotto treccia rotondo con anime trecciate (grado di isolamento 1,5).
- UNEL 35314 - Cavetto flessibile bipolare divisibile piatto in sola gomma (grado di isolamento 1,5).
- UNEL 35315 - Cavetto semirigido piatto sotto treccia tessile verniciata a olio o biacca (grado di isolamento 2).
- UNEL 35316 - Cavetto semirigido piatto sotto treccia tessile verniciata a olio o biacca (grado di isolamento 3).
- UNEL 35317 - Cavo unipolare rigido sotto treccia tessile impregnata (grado di isolamento 2).
- UNEL 35318 - Cavo unipolare rigido sotto treccia tessile impregnata (grado di isolamento 3).
- UNEL 35319 - Cavo unipolare rigido sotto treccia tessile impregnata (grado di isolamento 4).
- UNEL 35320 - Cavo sotto piombo nudo (grado di isolamento 2).
- UNEL 35321 - Cavo sotto piombo nudo (grado di isolamento 3).
- UNEL 35322 - Cavo sotto piombo armato con treccia di acciaio (grado di isolamento 3).
- UNEL 35323 - Cavo sotto guaina di gomma e piombo nudo (grado di isolamento 3).
- UNEL 35324 - Cavo sotto guaina di gomma e piombo nudo con conduttore di terra (grado di isolamento 3).
- UNEL 35325 - Cavo sotto guaina di gomma e piombo armato con treccia di acciaio (grado di isolamento 3).
- UNEL 35326 - Cavo sotto guaina di gomma e piombo armato con treccia di acciaio e conduttore di terra (grado di isolamento 3).
- UNEL 35327 - Cavo flessibile sotto guaina di gomma (grado di isolamento 3).
- UNEL 35328 - Cavetto flessibile sotto guaina e riempitivi di gomma (grado di isolamento 1,5).
- UNEL 35329 - Cavetto flessibile sotto guaina di gomma con riempitivi tessili (grado di isolamento 1,5).
- UNEL 35330 - Cavo unipolare flessibile sotto treccia tessile (grado di isolamento 1,5).
- UNEL 35331 - Cavo unipolare flessibile sotto treccia tessile (grado di isolamento 2).
- UNEL 35332 - Cavo unipolare flessibile sotto treccia tessile (grado di isolamento 3).
- UNEL 35333 - Cavo unipolare flessibile sotto treccia tessile (grado di isolamento 4).
- UNEL 35334 - Cavo unipolare flessibile sotto treccia tessile (grado di isolamento 7).
- UNEL 35335 - Cavo unipolare flessibile sotto treccia tessile (grado di isolamento 12).
- UNEL 35336 - Cavo unipolare flessibile sotto treccia tessile (grado di isolamento 18).
- UNEL 35337 - Cavo unipolare flessibilissimo sotto treccia tessile (grado di isolamento 1,5).
- UNEL 35338 - Cavo unipolare flessibilissimo sotto treccia tessile (grado di isolamento 2).

- UNEL 35339 - Cavo unipolare flessibilissimo sotto treccia tessile (grado di isolamento 3).
- UNEL 35340 - Cavo rigido sotto guaina di policloroprene (grado di isolamento 3).
- UNEL 35341 - Cavo rigido sotto guaina di policloroprene armato con treccia di acciaio (grado di isolamento 3).
- UNEL 35342 - Cavo rigido sotto guaina piatta di policloroprene (grado di isolamento 3).

#### *Cavi isolati con materiale termoplastico.*

- UNEL 35711 - Cordoncino flessibile a spirale visibile (grado di isolamento 1,5).
- UNEL 35712 - Cavo flessibile bipolare piatto divisibile (grado di isolamento 1,5).
- UNEL 35713 - Cavo semirigido piatto sotto guaina (grado di isolamento 2).
- UNEL 35714 - Cavo semirigido piatto sotto guaina (grado di isolamento 3).
- UNEL 35715 - Cavo semirigido piatto divisibile per posa fissa (grado di isolamento 3).
- UNEL 35716 - Cavo semirigido piatto divisibile (grado di isolamento 4).
- UNEL 35717 - Cavo rigido unipolare senza rivestimento protettivo (grado di isolamento 2).
- UNEL 35718 - Cavo rigido unipolare senza rivestimento protettivo (grado di isolamento 3).
- UNEL 35719 - Cavo rigido unipolare senza rivestimento protettivo (grado di isolamento 4).
- UNEL 35720 - Cavo rigido sotto guaina rotonda (grado di isolamento 3).
- UNEL 35721 - Cavo rigido sotto guaina rotonda armato con treccia di acciaio (grado di isolamento 3).
- UNEL 35722 - Cavo rigido sotto guaina piatta (grado di isolamento 3).
- UNEL 35723 - Cavo rigido piatto divisibile per posa fissa (grado di isolamento 3).
- UNEL 35724 - Cavo flessibile sotto guaina rotonda (grado di isolamento 1,5).
- UNEL 35725 - Cavo flessibile sotto guaina rotonda (grado di isolamento 3).

Nel 1959 sono stati stipulati 35 nuovi contratti, mentre 14 sono stati denunciati e 9 revocati per non conformità. Il numero complessivo dei contratti è così salito a 190.

Al 31 dicembre 1959 erano ancora all'esame 9 domande di ammissione.

Nel corso dell'anno è stata revocata la concessione del Marchio per non conformità a due ditte ed una è decaduta per cessazione di attività. Tre nuove ditte sono state ammesse; il numero delle ditte concessionarie è così rimasto 19.

Dall'allegata tabella risulta come sono distribuite le autorizzazioni rilasciate tra i vari produttori e secondo i tipi di cavi.

Durante il 1959 l'istituto ha consegnato 4 387 kg di filo distintivo e 1 826 650 etichette; a tale quantità di filo corrisponde una produzione di 219 000 km di cavi suddivisa in oltre 1 800 000 pezzature. Rispetto all'anno precedente si è avuto un aumento di produzione marchiata di circa 1'80/100.

Come negli anni precedenti pure nel 1959 si è proceduto al controllo dei cavi su basi statistiche con il prelievo e la verifica di 1 605 campioni.

#### SETTORE MATERIALE D'INSTALLAZIONE.

#### *Prese a spina.*

Con decisione del Consiglio Direttivo in data 25 febbraio 1959 sono state ammesse al Marchio le prese a spina 15 A - 380 V.

Le prese e le spine che possono venir marchiate sono perciò le seguenti:

- UNEL 47111 - Spina bipolare reversibile senza contatto di terra per corrente alternata 10 A - 250 V.
- UNEL 47112 - Presa bipolare reversibile senza contatto di terra per corrente alternata 10 A - 250 V esecuzione sportegge.
- UNEL 47113 - Presa bipolare reversibile senza contatto di terra per corrente alternata 10 A - 250 V esecuzione per incasso.
- UNEL 47114 - Presa bipolare reversibile senza contatto di terra per corrente alternata 10 A - 250 V esecuzione mobile (volante).
- UNEL 47115 - Spina bipolare reversibile con contatto di terra per corrente alternata 10 A - 250 V.



PROSPETTO DEI TIPI DI CAVI PER I QUALI I VARI CONCESSIONARI HANNO L'AUTORIZZAZIONE AD APPLICARE IL MARCHIO DI QUALITÀ E DELLE DOMANDE ALL'ESAME AL 31-12-1959.

TIPO DI CAVO	CONCESSIONARI													
	INCET	PORTA	PIRELLI	F. M. C.	SAFI	CEAT	PASTA	FULGOR	DESSALLES	RAFFARDA	MANULI	CIFE	CHPLA	ELETTROFIL
A) Cavi isolati con gomma.														
Cordoncini e cavetti flessibili o semi-rigidi:														
Tabella UNEL, 35311	C		C			C								
» » 35312	C		C			C								
» » 35313			C	C		C				C				
» » 35314				C		C								
» » 35315	C					C								
» » 35316	C													
Cavi sotto treccia bitumata:														
Tabella UNEL, 35317	C	C	C			C	C	C	C	C	C		C	
» » 35318	C	C	C			C	C	C	C	C	C		C	
» » 35319														
Cavi sotto piombo:														
Tabella UNEL, 35320	C	C	C			C	C	C	C	C	C		C	
» » 35321	C	C	C			C	C	C	C	C	C		C	
» » 35322	C	D	C			C	C	C	C	C	C		C	
» » 35323	C		C			C		C		C	C		C	
» » 35324			C											
» » 35325	C		C											
» » 35326			C											
Cavi sotto guaina di gomma o di polidioroprene:														
Tabella UNEL, 35327	C	D	C			C			C	C	C			
» » 35328	C	D	C			C			C	C	C			
» » 35329						C								
» » 35340	C	C	C			C	C	C	C	C	C		C	C
» » 35341	C	C	C			C	C	C	C	C	C		C	C
» » 35342	C		C										C	
Cavi flessibili e flessibilissimi:														
Tabella UNEL, 35330	C													
» » 35331	C													
» » 35332	C													
» » 35333	C													
» » 35334														
» » 35335														
» » 35336	C													
» » 35337	C													
» » 35338	C													
» » 35339	C													
B) Cavi isolati con materiali termoplastici.														
Cavi flessibili:														
Tabella UNEL, 35711	C		C			C								
» » 35712	C		C	C	C	C								
Cavi semirigidi o rigidi:														
Tabella UNEL, 35713														
» » 35714														
» » 35715	C		C		C	C						D		
» » 35716														C
» » 35723					C									
Cavi rigidi unipolari:														
Tabella UNEL, 35717	C	C	C	C	C	C	C	C		C	C	C	C	C
» » 35718	C	C	C	C	C	C	C	C		C	C	C	C	C
» » 35719					C			C						
Cavi sotto guaina di materiale termoplastico:														
Tabella UNEL, 35720	C		C		C	C					C	C		
» » 35721														
» » 35722	C		C		C									
» » 35724	C		D	C		C				C		C		
» » 35725				C										

D = Domande di concessione all'esame al 31-12-1959.  
C = Concessioni già rilasciate al 31-12-1959.

- UNEL 47116 - Presa bipolare reversibile con contatto di terra per corrente alternata 10 A - 250 V esecuzione sporgente.
- UNEL 47117 - Presa bipolare reversibile con contatto di terra per corrente alternata 10 A - 250 V esecuzione per incasso.
- UNEL 47118 - Presa bipolare reversibile con contatto di terra per corrente alternata 10 A - 250 V esecuzione mobile (volante).
- UNEL 47119 - Spina bipolare reversibile con spinotti tondi e con contatto di terra per corrente alternata 10 A - 250 V.
- UNEL 47120 - Presa bipolare reversibile con contatto di terra adatta a spinotti tondi per corrente alternata 10 A - 250 V esecuzione sporgente.
- UNEL 47121 - Presa bipolare reversibile con contatto di terra adatta a spinotti tondi per corrente alternata 10 A - 250 V esecuzione per incasso.
- UNEL 47122 - Presa bipolare reversibile con contatto di terra adatta a spinotti tondi per corrente alternata 10 A - 250 V esecuzione mobile (volante).
- UNEL 47123 - Spina bipolare irreversibile con contatto di terra 15 A - 380 V corrente alternata tipo comune.
- UNEL 47124 - Spina tripolare irreversibile con contatto di terra 15 A - 380 V corrente alternata tipo comune.
- UNEL 47125 - Presa bipolare irreversibile con contatto di terra 15 A - 380 V corrente alternata tipo comune esecuzione sporgente.
- UNEL 47126 - Presa tripolare irreversibile con contatto di terra 15 A - 380 V corrente alternata tipo comune esecuzione sporgente.
- UNEL 47127 - Spina bipolare irreversibile con contatto di terra 15 A - 380 V corrente alternata tipo protetto.
- UNEL 47128 - Spina tripolare irreversibile con contatto di terra 15 A - 380 V corrente alternata tipo protetto.
- UNEL 47129 - Presa bipolare irreversibile con contatto di terra 15 A - 380 V corrente alternata tipo protetto esecuzione sporgente.
- UNEL 47130 - Presa tripolare irreversibile con contatto di terra 15 A - 380 V corrente alternata tipo protetto esecuzione sporgente.
- UNEL 47131 - Presa bipolare irreversibile con contatto di terra 15 A - 380 V corrente alternata tipo comune esecuzione per incasso.
- UNEL 47132 - Presa tripolare irreversibile con contatto di terra 15 A - 380 V corrente alternata tipo comune esecuzione per incasso.
- UNEL 47133 - Presa bipolare irreversibile con contatto di terra 15 A - 380 V corrente alternata tipo protetto esecuzione mobile (volante).
- UNEL 47134 - Presa tripolare irreversibile con contatto di terra 15 A - 380 V corrente alternata tipo protetto esecuzione mobile (volante).

Sinora un unico fabbricante, la ditta Stucchi di Olginate, ha la concessione del Marchio per i tipi corrispondenti alle Tabelle UNEL 47111 - 47112 - 47113 - 47115 - 47116 - 47117 - 47119 - 47120 - 47121.

Una seconda ditta ha fatto domanda per gli stessi tipi; la pratica però non è ancora evasa.

#### *Tubi protettivi.*

Non è stato possibile iniziare la marchiatura dei tubi protettivi per il motivo che per quelli di acciaio smaltato non si sono ancora superate le difficoltà per l'apposizione del Marchio in modo continuo lungo la generatrice del tubo e per quelli in carta impregnata con guaina metallica si è reso necessario apportare una variante alla prova di piombatura.

Si confida che tali ostacoli potranno essere superati nei prossimi mesi e di poter iniziare così anche in questo settore.

Per quanto riguarda invece i tubi in materiale termoplastico, non sono state ancora pubblicate né le Norme CEI, né le relative tabelle UNEL.

#### *Piccoli interruttori automatici.*

Si è dovuto rimandare la marchiatura dei piccoli interruttori automatici, nonostante le sollecitazioni avute, sia dagli utilizzatori che dai produttori, per il motivo che soltanto verso la fine dell'anno sono state definite le Norme secondo le quali questi apparecchi dovranno essere provati.

#### SETTORE APPARECCHI UTILIZZATORI.

##### *Apparecchi elettrodomestici.*

I tipi di apparecchi ammessi al regime del Marchio, sono i seguenti:

##### *Apparecchi termici:*

- Apparecchi di riscaldamento ad accumulazione termica.
- Bollitori ed apparecchi analoghi (bollitori sino a 5 l, teiere, caffettiere, friggatrici, scaldacqua sterilizzatori ecc.).
- Ferri da stiro (normali, automatici con termostato a vapore e stiratrici).
- Piastre di cottura, fornelli, cucine, forni, rosticcere.
- Scaldacqua elettrici ad accumulazione di capacità nominale non superiore a 300 litri.
- Scaldacqua ad immersione portatili.
- Scaldacqua istantanei.
- Stufe (con elementi incandescenti oppure no) ed apparecchi similari (tostapane, graticole, asciugabiancheria).

##### *Apparecchi a motore:*

- Frigoriferi a compressore per uso domestico e similari di capacità non superiore a 400 litri.
- Ventilatori ed aspiratori di potenza nominale non superiore a 200 W.

Le Ditte che al 31-12-1959 avevano la concessione per l'uso del Marchio per apparecchi di loro costruzione erano 15.

Il numero dei contratti di concessione è salito nel corso dell'anno da 32 a 44, dei quali 24 per gli apparecchi termici e 20 per i frigoriferi.

In base ai contrassegni ceduti dall'Istituto nel 1959, sono stati marchiati 57.265 apparecchi termici con un aumento del 63 % rispetto al 1958.

Essendosi applicata per i frigoriferi a compressore pure una tariffa a forfait, non è possibile conoscere quanti di questi sono stati marchiati, si ritiene però che il numero dei frigoriferi ammessi al Marchio diverrà notevole, in seguito alla decisione dei principali costruttori di chiedere la concessione.

Per quanto riguarda gli altri apparecchi elettrodomestici a motore, sono in corso di elaborazione le Norme per gli aspirapolvere, le lucidatrici ed i lavabiancheria. A tali lavori di normalizzazione l'Istituto porta il suo contributo, specialmente per quanto riguarda la parte sperimentale.

##### *Utensili portatili a motore.*

È sempre in sospenso la pubblicazione delle relative Norme CEI, in attesa che vengano definite quelle della CEE e che siano chiariti i punti di contrasto tra il progetto del CEI ed il Regolamento Infortuni (D.P.R. 547 del Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale).

#### COLLABORAZIONE CON ALTRI ENTI.

Pure nel 1959 notevole è stata la partecipazione a quelle attività di altri Enti che possono interessare direttamente od indirettamente l'Istituto e che riguardano i problemi della sicurezza nel settore elettrico in generale e quella degli impianti ed apparecchi utilizzatori in particolare.

Tra i primi specialmente importante è stata la partecipazione, per incarico del CNR, ai lavori della Commissione Consultiva Permanente presso il Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale e, su designazione del Ministero dell'Industria, al Gruppo di Lavoro « Elettricità » presso l'Alta Autorità del carbone e dell'acciaio del Lussemburgo.

Tra i secondi noteremo la partecipazione, in campo internazionale, ai lavori della CEE (Commission Internationale de Reglementation en vue de l'Approbation de l'Equipement Electrique) del CECOMAF (Comitato Europeo dei Costruttori di Materiale Frigorifero) e del CECED (Conseil Européen de la Construction Electro-Domestique) ed in campo nazionale ai lavori del CEI e dell'UNEL.

Il contributo dell'Istituto a tali lavori si è, in molti casi, concretizzato nell'esecuzione di prove di studio, anche impegnative. Tra queste accenneremo a quelle della termopressione sui cavi, della piombatura dei tubi tipo Bergman, delle prove sugli aspirapolvere e lucidatrici ed a quelle attualmente in corso sui lavabiancheria.

Notevole è stato pure l'apporto all'Istituto dell'Albo delle Ditte installatrici Qualificate, per il quale viene svolto tutto il lavoro di segreteria nonché messa a disposizione la Sede.

Tale Albo, superata la fase preparatoria e ottenuto un numero sufficiente di iscrizioni di Ditte Qualificate, inizierà nel 1960 la sua regolare attività.

#### PROPAGANDA.

Nel 1959 l'Istituto ha partecipato alla Mostra degli Elettrodomestici e sono stati pubblicati diversi articoli di divulgazione su riviste, giornali tecnici e quotidiani.



Verso la fine dell'anno il problema generale del Marchio di Qualità è stato oggetto di particolare attenzione da parte della Confindustria che ha invitato i vari settori ad esaminare tale argomento, indicando pure una riunione tra gli interessati presso l'Assolombarda.

Per meglio chiarire i concetti ai quali si devono ispirare i Marchi di Qualità ed illustrare l'attività di quello per il settore elettrico, il Presidente ing. Anfossi, ha concesso una intervista che è stata divulgata a mezzo radio.

## NECROLOGI

È deceduto in Napoli per causa di malattia il giorno 21 novembre 1959 il

**dr. ing. MARIO BOURELLY**

Nato a Padova il 10 luglio 1884, complì i suoi studi al Politecnico di Milano e fu amatissimo collega e camerata dei suoi compagni di studi, accolto con entusiasmo sempre e dagli amici e dai compagni e da chi trattava con lui per rapporti di cordialità o di affari.

Prese parte quale ufficiale di complemento alla prima guerra mondiale compiendo opere difficili presso il Raggruppamento Marina. Con serietà e competenza svolse anche incarichi di censore nell'Esercito durante la seconda guerra.

Sempre modesto, sereno e generoso con tutti, trascorse tutta la sua vita nel lavoro.



All'inizio della sua carriera di ingegnere, ebbe per amatissimi e stimati maestri i fratelli ingegneri Damioli e con la loro impresa lavorò per alcuni anni alla costruzione dell'Impianto Idroelettrico del Volturno.

Al termine della prima guerra, volle formarsi col cognato ing. Guido Zurhaleg un'attività indipendente. Creò con lui l'Impresa Ingegneri Bourelly e Zurhaleg e i due ingegneri svolsero un'attività intelligente per la costruzione di molti importanti impianti tecnici, sempre studiati ed eseguiti nel modo più corretto e più moderno, senza accanimento di facili guadagni, ma col solo scopo di ben eseguire, di offrire ai clienti l'esperienza di migliori tecniche con l'unico pensiero di essere dai clienti stimati ed apprezzati.

Sospesa l'attività della ditta, perchè essa non volle, durante l'ultima guerra asservirsi agli stranieri occupanti, l'ing. Bourelly si occupò per qualche tempo di edilizia. Nell'ultimo periodo aveva ritrovato il giovanile fervore tecnico nello studio intenso di una modernissima clinica che sorgerà a Napoli e per la quale studiava tutti i servizi tecnici secondo i più recenti criteri, perchè, sorta in zona panoramica, doveva essere la più bella e più moderna clinica esistente. E il suo entusiasmo trasmetteva ai suoi giovani amici chirurghi, che a lui si erano affidati. Tutto preso dal suo lavoro, rifuggiva dal timore di una prossima fine, che è venuta quasi improvvisa a stroncare la cara esistenza.

Grazie alle sue rare doti e al suo invidiabile carattere, trascorse una serena vita e con serenità chiuse i suoi giorni, costantemente assistito dalla sua cara e devota compagna, dopo 45 anni di vita affettuosa passata con lei.

A Novara decedeva il 25 ottobre 1959, per male inesorabile, all'età di 61 anni il

**dr. ing. ETTORE POLETTI**

Iniziò gli studi a Novara e seguì i corsi di Perito Industriale, presso l'Istituto OMAR, fino alla vigilia della sua partecipazione alla prima guerra mondiale.

Al suo ritorno in Patria, dopo un lungo soggiorno in Albania, riprese, nel 1919, gli studi e frequentò il Politecnico di Milano dove conseguì, nel 1924, la laurea in Ingegneria Industriale.

La sua predilezione per gli impianti idroelettrici lo portò ad integrare gli studi superiori con corsi di specializzazione in Idraulica e nelle Costruzioni di Cemento Armato. Gli si aprì così la possibilità di partecipare alla progettazione ed alla costruzione di numerose centrali idroelettriche, quale collaboratore degli Studi Tecnici dell'ing. Gregotti di Novara e dell'ing. Romita di Torino.

La sua versatilità nei campi della tecnica costruttiva lo portarono a studiare innovazioni di notevole interesse: un brevetto da lui ottenuto nei sistemi di lavorazione del marmo gli permise di avviare nel 1907, una collaborazione con una impresa di costruzioni civili di Johannesburg che realizzò importanti edifici nel Sud Africa.

Portò inoltre il suo fattivo interesse in una fabbrica di macchine di precisione a Novara, per la prova dei materiali, ed in una impresa di installazioni elettriche a Bergamo.

L'esperienza acquisita durante il lungo periodo di formazione e di realizzazioni gli procurarono, dopo una breve permanenza presso la Società Vercellese di Eletticità, l'invito ad assumere la direzione dell'Azienda Elettrica delle Industrie Riunite Filati di Bergamo, dove prestò la sua opera di tecnico e di organizzatore infaticabile per oltre un decennio.

Trasformò notevolmente negli ultimi anni la sua attività professionale, per dedicarsi con maggior libertà agli studi che gli stavano più a cuore, lasciando l'Azienda Elettrica ed aprendo in Bergamo uno studio di Consulenza per Opere Idrauliche ed Elettriche, che condusse fino a pochi mesi dalla sua scomparsa.

Era socio dell'AEI dal 1942.

## ATTIVITÀ DELLE SEZIONI

### Sottosezione di FERRARA.

9 aprile 1960 - ore 18,30 — Conferenza del prof. ing. Marino VALTORTA, sul tema: « Trasmissione e distribuzione dell'energia reattiva ».

### SEZIONE DI ROMA (Via Giolitti, 34).

11 aprile 1960 - ore 18,30 — Conferenza del dr. ing. Giuseppe DE VITO, sul tema: « I radiotelescopi ».

21 aprile 1960 - ore 18,30 — Conferenza del dr. ing. Ciro DELLA GIOVANNA, sul tema: « Prospettive nella applicazione della tecnica degli impulsi alla telefonia ».

**Abbonatevi ad**

**"Alta Frequenza"!**

**ragsegna di radiotecnica, telefonia e acustica applicata**

Il prezzo d'abbonamento per il 1960 è di

**L. 2400.—** per i Soci dell'A.E.I. e della Soc. di Fisica

**• 3000.—** per i non Soci

**• 3600.—** per l'estero.

# PARTE SECONDA

## DOCUMENTAZIONE

### SOMMARIO

#### SUNTI E SOMMARI

Apparecchi e dispositivi di manovra, di regolazione, di protezione ecc. — Applicazioni varie — Condutture — Convertitori, raddrizzatori ecc. — Costruzioni elettromeccaniche — Elettrofisica e magnetofisica — Elettrotecnica generale — Fisica, chimica e matematica — Generatori e motori sincroni — Idraulica — Impianti — Materiali — Misure — Motori e generatori a induzione — Motori primi — Radiotecnica — Telefonia, telegrafia e televisione — Trasformatori — Trasmissione e distribuzione.

Pag. 81 D

### SUNTI E SOMMARI

#### APPARECCHI E DISPOSITIVI DI MANOVRA, DI REGOLAZIONE, DI PROTEZIONE, ECC.

H. Manzinger — Interruttori per regolare il carico nel caso di un trasformatore sotto corrente di corto circuito. (E.u.M., 15 febbraio 1960, pag. 69 a 77, con 15 fig.). 3 b

L'A. mostra come sia possibile, nel caso di inserzioni e disinserzioni del carico durante un corto circuito nel trasformatore, mantenere ad un valore relativamente basso il carico ai contatti degli interruttori per mezzo di un'appropriata scelta di un sistema di inserzione a due o più stadi. Tale carico può venire ulteriormente ridotto se le resistenze del sistema di inserzione vengono proporzionate in maniera tale da tenere in considerazione non solamente il comportamento dell'interruttore nel caso di corrente nominale, ma anche preoccupandosi di una lunga durata di vita dei contatti stessi. Viene inoltre mostrato come si possa ottenere favorevoli condizioni di esercizio mantenendo contemporaneamente al minimo indispensabile le inserzioni e disinserzioni, per mezzo di tempi brevi di funzionamento e di un tempo di apertura dei contatti principali non superiore a 20 ms. A.C.

B. Fernier — Evoluzione e progressi recenti dell'apparecchiatura ad alta e media tensione. (Bull. Soc. Franç. Elec., febbraio 1960, pag. 82 a 92, con 31 fig.). 3 b

Nella sua esposizione l'A. si attiene particolarmente alla tecnica francese. In vari Paesi sono ormai in uso reti a 380 kV che richiedono materiale costruito per tensione nominale di 420 kV. Vengono presentati interruttori costruiti per tale tensione e per intensità nominale di 1 250 A; uno di essi ha 2 camere a volume d'olio ridotto e possiede un potere di interruzione di 12 000 MVA; altri sono pneumatici con 8 camere di interruzione in serie, senza o con resistenze in serie con organi di interruzione ausiliari. Sono previsti interruttori per 525 kV, intensità nominale 2 000 A e potere di interruzione di 25 000 MVA. Nelle nuove costruzioni si sono realizzate riduzioni di ingombro e di peso: in proposito vengono illustrati alcuni esempi; altri perfezionamenti costruttivi sono stati pure realizzati migliorando anche le caratteristiche funzionali. Vengono illustrati parecchi esempi di costruzioni recenti, fra i quali interruttori sospesi a piccolo volume d'olio. Nei coltelli separatori si è diffuso il comando idroelettrico in cui lo sforzo motore è trasmesso con una canalizzazione d'olio in pressione. Vi sono tipi a movimento orizzontale o a movimento verticale: ne vengono descritti esempi per tensioni molto elevate. Anche nella apparecchiatura a media tensione si sono realizzati alleggerimenti e riduzioni di ingombro notevoli. Viene fatta parola anche dei coltelli per manovra sotto carico, e delle apparecchiature di comando e protezione per trasformatori e motori. Infine è ricordato il diffondersi della tecnica dei quadri prefabbricati per rapido montaggio in posto. N.

G. M. Damon — Regolatore elettrico perfezionato per la velocità dei motori primi accoppiati con alternatori. (West. Eng., marzo 1960, pag. 59 a 61, con 2 fig.). 3 c

Il modello originario, ideato nel 1952, usava un wattmetro

come organo sensibile, ed era adatto solo per frequenze industriali; il modello attuale confronta invece la frequenza dell'alternatore con una frequenza campione, prodotta localmente, per comandare la valvola d'ammissione del motore primo attraverso un dispositivo idraulico; esso può servire anche per frequenze di 400 p/s. Il nuovo regolatore, indicato con la sigla EFG, riceve energia a 1 000 p/s attraverso un invertitore a transistor, alimentato con corrente continua a 12 V, e trasmette i segnali, risultanti dal confronto delle frequenze, al dispositivo idraulico attraverso un amplificatore magnetico. L'A. riferisce su prove pratiche eseguite su un gruppo elettrogeno mobile per stazione radar, da 300 kW a 720 giri/min; la frequenza può essere mantenuta costante a  $\pm 0,1\%$  da vuoto a pieno carico, potendo variare il valore di base di  $\pm 5\%$ . In condizioni di transitorio la frequenza può variare del  $\pm 0,5\%$  per un tempo limitato ad 1,5 s. Uno schema sommario del circuito del regolatore rende conto del suo principio di funzionamento e ne dimostra le possibilità d'impiego, oltreché per regolare la velocità d'un motore Diesel, anche per una turbina a vapore ed un motore a benzina, senza sostanziali modifiche. I.L.

G. Hosemann — Misura e formazione delle caratteristiche nella regolazione di tensione di generatori sincroni e trasformatori. (E.T.Z. (A), 28 marzo 1960, pag. 274 a 281, con 10 fig.). 3 c

Per la regolazione di tensione di generatori e trasformatori, si impiegano regolatori a due punti, funzionanti astaticamente e staticamente nonché regolatori continui. L'A. esamina le grandezze usate per la formazione della caratteristica: come grandezza di misura della regolazione di tensione di generatori trifasi, viene usata di solito una delle tre tensioni di fase; per grosse unità si effettua una regolazione su componente costante di tale tensione. I generatori, connessi alla rete attraverso trasformatore-blocco, possono essere og-

### SERVIZIO DOCUMENTAZIONE

L'A.E.I. è in grado di fornire ai propri Associati per gli articoli pubblicati su alcune centinaia delle più importanti riviste italiane ed estere:

- fotocopie nero su bianco: a pagina . . . L. 250
- microfilm (24×36): per fotogramma (minimo 5 fotogrammi) . . . . . L. 70
- traduzioni (prezzi da convenirsi).

Le traduzioni vengono consegnate entro tre mesi. Precisare se si desiderano le traduzioni entro termini più ristretti.

Ai prezzi come sopra calcolati, vanno aggiunti per spese di ricerca delle pubblicazioni e di segreteria, L. 500 per ogni articolo, più le spese postali di raccomandazione e le tasse.

Le richieste di fotocopie, microfilm o traduzioni, devono indicare chiaramente e per esteso: il nome della pubblicazione, la data di edizione (se si tratta di rivista), il nome dell'autore, il titolo e, se possibile, il numero della pagina d'inizio.



getto di regolazione astatica; ma se una singola unità è connessa alla rete con debole impedenza, è necessario prevedere una caratteristica statica. Per trasformatori di rete, di solito si effettua la regolazione di tensione con compensazione della caduta di tensione nelle linee a monte. Per più trasformatori in parallelo dello stesso tipo, si prevede un solo regolatore; ma se le unità trasformatrici hanno gradini di tensione disuguali, è possibile equipaggiare ogni trasformatore con un proprio dispositivo di regolazione. *Tt.*

**H. D. Einhorn — La discriminazione fra i fusibili ad alto potere di rottura e gli interruttori automatici miniatura.** (Proc. I.E.E., Londra, Parte C, marzo 1960, pag. 75 a 81, con 11 fig.). *3 e*

I fusibili ad alto potere di rottura, in cartuccia sigillata, possono interrompere una corrente almeno di 15 kA ed equipaiono agli interruttori automatici in olio od aria, molto più costosi ed ingombranti. Gli interruttori automatici miniatura possono interrompere correnti fino a 5 kA, essi sono adatti per il montaggio sui circuiti secondari d'un impianto di distribuzione interna. L'A. ritiene che i due tipi di protezione debbano essere impiegati nello stesso impianto, purché coordinati fra di loro, in base alle rispettive caratteristiche di funzionamento. I fusibili possono interrompere una corrente d'intensità adeguata in meno di 0,01 s, mentre da un interruttore automatico non si può pretendere l'apertura in meno di 0,01 s. Se si osserva che la maggiorazione dei corti circuiti avviene alle estremità delle linee di distribuzione dove la corrente è già naturalmente limitata, appare giustificato l'impiego dell'interruttore miniatura in questi punti, mentre i fusibili sono più consigliabili sulle prese stradali, dove la corrente può essere più intensa e conviene ridurne al minimo la durata. Dopo un trasformatore per distribuzione, di potenza minore di 200 kVA, difficilmente la corrente prodotta da un corto circuito può superare 5 kA, però lo sfasamento può essere notevole; il che peggiora le condizioni della protezione. A parità di corrente nominale l'interruttore miniatura deve interrompere prima del fusibile per sovracorrenti modeste, e solo per corti circuiti netti il fusibile deve avere la precedenza. L'A. consiglia due schemi di prova diversi per controllare un potere di rottura maggiore di 0,8 kA oppure minore di 1,2 kA nei fusibili e negli interruttori automatici, entrambi basati sul rilievo oscillografico della corrente di prova, per inserzione dell'oscillografo catodico all'atto della prova stessa. L'analisi dei risultati così ottenuti deve essere condotta secondo un metodo statistico, per ovviare alle incertezze sull'entità del calore sviluppato nel fusibile per effetto della corrente alternata; anche la discriminazione dei fusibili dagli interruttori automatici ha una base statistica. L'uso di fusibili sul quadro principale e di interruttori automatici miniatura per i quadretti secondari d'un impianto interno è consigliabile a condizione che i primi abbiano una sufficiente inerzia termica, oltre ad un elevato potere di rottura. L'uso d'interruttori automatici anche sul quadro principale può essere giustificato solo per impianti di notevole importanza, purché essi siano coordinati con gli interruttori miniatura dei quadretti secondari. *I.L.*

**O. Loh — Determinazione della velocità, della forza e della direzione del moto in un dispositivo di protezione.** (E.u.M., 1° aprile 1960, pag. 149 a 154, con 11 fig.). *3 v*

L'A. illustra le misure effettuate per determinare i fenomeni del moto relativi all'inserzione ed alla disinserzione di un magnete, come pure di un dispositivo di protezione completo eccitato con corrente alternata. L'inserzione avviene per mezzo di un interruttore di fase. Sono state misurate direzioni, velocità, tensioni, correnti e forze. Le misure di forza sono state dapprima effettuate con un intraferro costante del magnete, ed in seguito è stata determinata la dispersione in funzione dell'intraferro stesso. *A.C.*

**W. Rauch - A. Überschuss — Il relè di risonanza, elemento di molteplici applicazioni.** (E.T.Z. (A), 11 aprile 1960, pag. 300 a 305, con 9 fig.). *3 v*

Per la trasmissione di grandezze di misura e controllo vengono spesso impiegate oscillazioni sinusoidali o loro combinazioni, che vengono ricevute in alta frequenza con l'ausilio di filtri elettrici. Per frequenze al disotto di 1 000 Hz i relè a risonanza risultano però superiori ai filtri per tale impiego. Per l'elevata qualità e costanza, i relativi oscillatori elettromeccanici consentono di separare oscillazioni di frequenze molto vicine. I relè descritti si possono facilmente accordare

e possono essere inclusi in circuiti magnetici. Con smorzamento regolare si può effettuare compensazione su larghezza di banda costante. Gli AA. descrivono la conformazione e le proprietà fisiche di un tale relè, che è particolarmente adatto come elemento costruttivo per piccoli apparecchi magneticamente schermati. In base ad alcuni esempi, vengono indicati i mezzi per l'impiego di tali relè. *Tt.*

## APPLICAZIONI VARIE

**C. G. Helmick — Per adattare fra di loro le caratteristiche d'un carico e d'un motore attraverso una giunzione.** (West. Eng., marzo 1960, pag. 46 a 50, con 14 fig.). *6 a*

Un carico passivo assorbe solo energia, mentre un carico attivo può anche restituirla; alcuni esempi chiariscono tale distinzione, che è fondamentale per l'accoppiamento d'un motore. La caratteristica meccanica talvolta deve essere modificata automaticamente, secondo le esigenze del carico, applicando schemi diversi per ogni caso particolare. Molto numerosi sono i dispositivi escogitati per ottenere la regolazione della velocità d'un motore; il sistema Rectiflow può dare una regolazione con coppia oppure potenza costanti, in dipendenza dell'applicazione. Le grandi stampatrici per giornali sono esempi ottimi di carichi con coppia costante: il carico è in prevalenza costituito dall'attrito con leggeri effetti di ventilazione alle maggiori velocità; la regolazione del motore può ottenersi o per mezzo d'un regolatore di corrente oppure con un regolatore di velocità. Un laminatoio a freddo a 5 passaggi produce una striscia d'acciaio che deve avvolgersi ad alta velocità su un mandrino avvolgitore, in ragione da 15 a 30 m/min, mentre la velocità angolare del mandrino varia nel rapporto di 5 a 1, a seconda dello spessore dello strato avvolto; il compito è svolto da un motore a corrente continua regolando la tensione applicata. La scelta del sistema di comando del motore richiede la conoscenza del costo iniziale, del costo d'esercizio e della flessibilità futura che il sistema può avere, per poterne valutare l'attitudine a svolgere determinati compiti. L'articolo, di carattere meramente divulgativo, considera graficamente vari problemi pratici, dando criteri generali di valutazione della convenienza relativa di diversi sistemi di regolazione della prestazione di un motore, in modo dal tutto intuitivo, tenendo conto che si cerca sempre di migliorare i processi di fabbricazione e la qualità del controllo a vantaggio d'una produzione più rapida e sicura. *I.L.*

**G. C. E. Burger - G. Klein — Elettrocardiografia vettoriale.** (Rev. Philips, Tomo XXI, n. 1, pag. 25 a 39, con 16 fig.). *6 b*

Il funzionamento elettrico di una fibra muscolare che si contrae è eguale a quello di un dipolo e può essere rappresentato con un vettore. Lo stesso può dirsi per un muscolo intero, come il cuore, quando si osservino i fenomeni a grande distanza dalla sorgente. Durante le pulsazioni del cuore il vettore cardiaco cambia di grandezza e di direzione. Poiché il corpo umano è un conduttore, questo funzionamento elettrico del cuore si manifesta sotto forma di differenze di potenziale fra i diversi punti della superficie del corpo, differenze variabili nel tempo. Applicando elettrodi in almeno 4 punti del corpo e combinando opportunamente le differenze di potenziale indipendenti si può trovare la curva spaziale che dà le variazioni del vettore cardiaco in funzione del tempo cioè il cardiogramma vettoriale. Gli AA. descrivono un elettrocardiografo vettoriale nel quale, sempre due delle tre componenti fra loro perpendicolari del vettore cardiaco vengono calcolate a partire dalle citate differenze di potenziale e tensioni proporzionali a tali differenze vengono applicate alle piastre di deviazione orizzontale, e rispettivamente verticale, di un oscillografo catodico. Si registra successivamente la proiezione frontale, la proiezione orizzontale e la proiezione sagittale del cardiogramma vettoriale. Mediante l'impiego di amplificatori differenziali a grande fattore di ricezione, l'apparecchio è reso praticamente insensibile alle perturbazioni esterne che modificano simultaneamente il potenziale degli elettrodi. Gli AA. riportano e illustrano la costituzione e il funzionamento dei circuiti che compongono l'elettrocardiografo vettoriale e discutono poi l'utilità e l'interpretazione dell'elettrocardiografia vettoriale, considerata come un utile complemento (non come una sostituzione) dell'elettrocardiografia usuale. *N.*



**R. Hörer — Raffreddamento del latte con impianti ad accumulo di acqua refrigerata.** (E.T.Z. (B), 7 marzo 1960, pag. 107 a 109, con 5 fig.). 6 c

Il latte appena munto deve essere rapidamente raffreddato per la sua conservazione e per ridurre al minimo lo sviluppo in esso di batteri. A questo scopo si prestano gli impianti ad accumulo di acqua refrigerata, i quali possono favorevolmente funzionare nelle ore notturne con tariffa più conveniente. La durata di utilizzazione di tali impianti è sulle 2 000 ore annue. L'A. fa alcuni confronti di costo nel caso di raffreddamento diretto e indiretto, per quest'ultimo con utilizzazione di tariffa diurna e notturna. Tt.

**A. Schenkel — Il comando Ward Leonard nei moderni apparecchi di sollevamento.** (Rev B. B., 1959, n. 3, pag. 443 a 450, con 11 fig.). 6 c

Negli apparecchi di sollevamento in uso nelle officine meccaniche e simili occorre spesso poter disporre, per le manovre, di un vasto campo di regolazione della velocità. Il semplice motore trifase non basta e si sono studiate varie soluzioni cui l'A. accenna: uso di motori ad anelli con carico addizionale, meccanico o elettrico; regolazione con variazione di frequenza. Ma la soluzione ideale è offerta dal motore a corrente continua comandato col sistema Ward Leonard. Si ottengono così parecchi vantaggi: indipendenza delle velocità di rotazione dalle variazioni del carico; largo campo di regolazione della velocità; grande frequenza di manovra; avviamento e frenatura progressivi e senza contraccolpi al motore di comando; notevole capacità di sovraccarichi momentanei. L'A. richiama il principio del sistema Ward Leonard ricordando come l'energia spesa per l'accelerazione di sollevamento possa venire in gran parte recuperata all'atto del rallentamento o della discesa del carico. In impianti un poco importanti l'apparecchiatura diventerebbe relativamente ingombrante e si ricorre allora alla adozione di una eccitatrice intermedia la cui regolazione richiede una modestissima potenza. Questa eccitatrice alimenta il circuito di eccitazione della generatrice principale ed è costruita in modo che vi si possano montare circuiti di compoundaggio e un avvolgimento supplementare che garantisce la stabilizzazione della velocità di rotazione. La presenza dell'avvolgimento di compoundaggio ha anche l'effetto di limitare la corrente al momento dell'avviamento o del rallentamento, permettendo di tollerare anche eventuali manovre brusche del reostato. L'A. riporta gli schemi dei circuiti e illustra le principali caratteristiche costruttive di queste apparecchiature di comando per grue a ponte. N.

**M. E. Pflüger — Equipaggiamenti elettrici di apparecchi di sollevamento con convertitori di frequenza.** (Rev. B. B., 1959, n. 8, pag. 450 a 454, con 3 fig.). 6 c

La migliore soluzione, dal punto di vista tecnico, per il comando di apparecchi di sollevamento, grue a ponte, ecc., è costituito dal motore a corrente continua alimentato con gruppo Ward Leonard. Tuttavia il sistema riesce alquanto costoso e perciò spesso si ricorre al motore a corrente alternata provvisto di qualche dispositivo per ottenere un adeguato campo di regolazione della velocità. Una soluzione consiste nell'alimentare il motore a frequenze diverse; generalmente si usano 2 frequenze che permettono di ottenere 2 regimi di velocità: un regime normale e uno lento pari, ad esempio, a un quinto o a un decimo della velocità normale. Nelle apparecchiature descritte dall'A. l'organo essenziale è costituito da un convertitore di frequenza a collettore; questa macchina, derivata dal motore Schrage, è stata studiata appositamente per questa applicazione. Questi convertitori permettono di disporre, oltre alla frequenza normale di 50 p/s, anche di una frequenza ridotta compresa fra 4 e 10 p/s secondo le particolari esigenze; sul collettore poggiano due gruppi di spazzole che permettono di alimentare uno o due gruppi di motori. Con convertitori descritti è possibile far variare a volontà la bassa frequenza e quindi il valore della velocità ridotta entro 8 e 20% della velocità normale. Questa regolazione è progressiva e telecomandata. Il sistema permette anche di recuperare, all'atto del rallentamento, una parte dell'energia spesa per la accelerazione. Si impiegano motori trifasi ad anelli di costruzione corrente; la potenza disponibile a bassa frequenza è ridotta nel rapporto delle frequenze, la coppia restando la stessa ai due regimi. Vengono forniti dettagli sulla costruzione e il funzionamento del combinatore di comando ed è riportato lo schema dei circuiti del convertitore di frequenza ruotante. N.

**E. C. Fox — Energia elettrica per l'industria del vetro piano.** (West. Eng., marzo 1960, pag. 37 a 40, con 6 fig.). 6 c

Il maggior perfezionamento introdotto nell'industria del vetro piano consistette nel rendere continuo il processo di fabbricazione semicontinuo, perchè ha permesso d'applicare molti sistemi elettrici di comando automatici delle macchine operatrici, altrimenti a comando manuale; solo il taglio del vetro resta manuale anche perchè accoppiato con la cernita. L'energia elettrica viene infatti usata per pesare le materie prime, per fonderle, per tirare il foglio di vetro e calibrarlo ancora caldo fra rulli, per spianarlo e levigarlo fino a formare la lastra. Il vetro da finestre invece viene ricavato dal forno (di solito a gas) per mezzo d'un laminatoio lungo qualche metro, sufficiente per il raffreddamento graduale, indi tagliato secondo dimensioni unificate. Il vetro per lastre viene ricavato da un forno a gas dopo un riscaldamento supplementare ottenuto mediante elettrodi di molibdeno immersi nella massa già fusa e percorsi da corrente alternata regolata; la temperatura del bagno viene tenuta fra 800 e 1 000 °C e per effetto della corrente elettrica; anche la composizione del vetro diventa più omogenea. Dopo la calibratura al laminatoio la lastra passa in un forno di bonifica, dove il riscaldamento viene ripreso ed il vetro indi raffreddato gradatamente. Le lastre sono poi tagliate secondo dimensioni unificate adatte alla successiva levigatura e lucidatura, che richiedono la maggior potenza elettrica di tutto il processo; ogni macchina assorbe infatti da 30 a 50 kW ed è comandata da un motore elettrico ad induzione oppure a corrente continua. Un reparto di pulitura delle lastre di vetro può avere fino a 100 macchine per spianare e levigare per gradi; la velocità massima dell'utensile è di 12 m/min e può essere regolata nel rapporto di 5 a 1. Maggior uniformità dello spessore della lastra s'ottiene se la pulitura viene eseguita contemporaneamente sulle due facce. I.L.

**Un tunnel supersonico quasi ultimato.** (West. Eng., marzo 1960, pag. 44 a 45, con 8 fig.). 6 c

Per misurare la resistenza al moto d'un razzo, che penetra nell'aria fino ad altezze maggiori di 30 km dal suolo, è stato costruito un tunnel adatto a produrre velocità dell'aria di 4 800 km/ora. Il compressore rotante a 21 stadi è comandato da 4 motori sincronizzati, due da 61 000 kW e due da 18 400 kW, montati in tandem sullo stesso asse, in modo da sviluppare una potenza complessiva massima di 158 800 kW. La sezione transonica del tunnel ha un diametro di 4,80 m, essa viene raffreddata per mezzo d'un grande grigliato percorso da 250 m³/min d'acqua. Il compressore rotante è lungo 86 m ed è diviso in 4 unità. Una fotografia del modello in plastica di tutto l'impianto, insieme ad una serie di fotografie di dettagli delle apparecchiature, danno un'idea sommaria della consistenza del tunnel, costruito per conto del Centro di ricerche tecniche Arnold dell'aviazione degli USA. I.L.

**W. Huppert — Apparecchi elettrodomestici usati in America e nella Germania Occidentale.** (E.T.Z. (B), 7 marzo 1960, pag. 109 a 110). 6 d

L'A. espone il confronto tra i risultati di due inchieste, effettuate in America e nella Germania Occidentale nel 1958, circa la diffusione e l'impiego degli elettrodomestici in tali due Paesi, che risultano all'avanguardia nella loro applicazione. Appare che l'incidenza della spesa per tali apparecchi sui bilanci familiari è in maggior aumento in Germania col 4%, mentre negli Stati Uniti essa è diminuita, in questi ultimi tempi, al 3%. Però in linea assoluta la dotazione di elettrodomestici per abitante è superiore in America rispetto alla Germania. Tt.

**M. Mancianti - G. Salardi — Amplificatore di corrente a transistori per calcolatrice analogica.** (L'En. Elettr., 1960, n. 3, pag. 216 a 221, con 8 fig.). 6 g

Gli AA. espongono i risultati di una ricerca sperimentale intesa a dimostrare la possibilità di realizzare un amplificatore di corrente a transistori per calcolatrice analogica nel quale vengono utilizzati transistori funzionanti come elementi duali di tubi elettronici nel senso che, mentre nel tubo elettronico è la tensione fattore di controllo della corrente, nel transistor è quest'ultima che svolge tale funzione. Presentato lo schema dei circuiti di un ordinario amplificatore operazionale di tensione ne ricavano un circuito duale e ne studiano le caratteristiche. Descrivono poi la realizzazione dell'amplificatore operazionale, presentando il circuito di un



amplificatore sperimentale e ne illustrano il funzionamento. Vengono rilevate alcune difficoltà nella realizzazione dovute alla natura stessa dei transistori: la dipendenza dei parametri dalla temperatura rende critico il loro impiego nei circuiti ad accoppiamento diretto e richiede particolare cura nella scelta dei valori da assegnare alle grandezze in gioco. Volendo rendere riproducibile un prototipo bisogna selezionare accuratamente gli elementi circuitali, specialmente i transistori, per ottenere prestazioni uniformi. Il circuito realizzato dagli AA. presenta considerevoli doti di compattezza e di ridotto ingombro. L'impiego di più amplificatori operazionali introduce difficoltà per l'alimentazione; esse possono venire superate radicalmente soltanto alimentando separatamente i singoli amplificatori; però si possono considerare altre soluzioni come l'alimentazione con unico generatore tramite adeguati partitori di disaccoppiamento. Il circuito realizzato è stato provato con esito soddisfacente sia come sommatore sia come integratore. I risultati ottenuti dimostrano che è possibile realizzare un elemento operativo per calcolatrici analogiche in corrente continua, utilizzando, come grandezze di calcolo, le correnti al posto delle tensioni usualmente impiegate. N.

W. Strahinger — **Impiego dell'elettricità nelle abitazioni degli USA.** (O.Z.E., marzo 1960, pag. 66 a 72, con 10 fig.). 6 d

Il consumo di energia elettrica per uso domestico raggiunse nel 1959 un valore medio di 3 600 kWh, mentre per l'Europa Occidentale tale cifra è stata di soli 560 kWh. L'elevato consumo in America dipende specialmente dal favorevole rapporto tra il salario orario medio dei prestatori d'opera e il prezzo dell'energia, in quanto colà colla paga di un'ora di lavoro si possono consumare 100 e più kWh. Le cucine elettriche non sono per altro molto diffuse per il favorevole prezzo del gas naturale: più elevato è invece il consumo di energia per gli scaldacqua, pur non esistendo in America tariffe notturne, ma solo tariffe di zona. Quasi ogni abitazione è fornita di frigorifero e il 90 % delle abitazioni è dotata di lavatrice elettrica, che attinge l'acqua calda dallo scaldacqua, spesso anche a gas. Inoltre l'89 % delle abitazioni possiede un apparecchio TV. Tale diffusione dell'energia elettrica nelle abitazioni è stata ottenuta anche grazie all'abile propaganda delle imprese elettriche e alla possibilità di pagamento rateale degli apparecchi. Tt.

## CONDUTTURE

W. Mosch — **Tensione alternata di scarica di lunghe catene di isolatori in laboratori per alta tensione e in sale prove all'aperto.** (Elektrie, marzo 1960, pag. 101 a 103, con 2 fig.). 9 e

Prove su modelli, con schema di parecchie volte la distanza tra gli elettrodi in serie, hanno mostrato che le capacità verso terra degli elettrodi, trovantisì a potenziale « libero », esercitano un grande influsso sulla tensione di scarica. Risulta che la scarica su lunghe catene di isolatori, ad es. di tipo « Langstab » per 380 kV, dipende dalle capacità verso terra delle armature intermedie. Ma se si fa la prova in laboratorio, in generale le capacità verso terra sono maggiori che non all'aperto, di guisa che quivi si hanno tensioni di scarica più elevate. Furono perciò fatte prove di confronto nelle due condizioni. L'A. descrive il dispositivo di prova ed espone i risultati ottenuti, dai quali si rileva che le tensioni di scarica, per isolatori asciutti, sono all'aperto del 10 % circa superiori a quelle che si verificano con prove in laboratorio. Tt.

J. Tuercke — **Sulla resistenza in corto circuito di corde di linee aeree in reti a media tensione.** (E.T.Z. (A), 11 aprile 1960, pag. 294 a 300, con 9 fig.). 9 f

Nella scelta della sezione dei conduttori di linee aeree, bisogna tener conto della potenza di corto circuito, che si può avere nell'impianto, e ciò allo scopo di impedire una diminuzione della resistenza meccanica del materiale per il riscaldamento prodotto dalla corrente di corto circuito. L'A. ricorda le condizioni particolari, che si possono verificare per un dato corto circuito, avvertendo che bisogna tener conto anche della possibilità di richiusura durante il corto circuito stesso, nonché della breve interruzione, che viene sempre più adottata nelle reti con linee aeree. In base a curve sul riscaldamento dei conduttori per effetto di corti circuiti e

ad esperimenti eseguiti per stabilire il raffreddamento dei conduttori di linee aeree, l'A. dà indicazioni semplici circa il dimensionamento di tali conduttori per linee a media tensione. In curve e tabelle vengono poi esposte le relazioni tra le sezioni dei conduttori e le potenze di impulso per corti circuiti in corrente alternata. Tt.

## CONVERTITORI, RADDRIZZATORI, ECC.

F. Hölters — **Convertitori di corrente continua in alternata.** (E.u.M., 1° e 15 marzo 1960, pag. 91 a 98 e 123 a 128, con 25 fig.). 10 a

L'A. illustra i principi fondamentali del funzionamento dei convertitori di corrente continua in alternata, paragonandoli a quelli relativi ai raddrizzatori. Infatti, per quanto questi ultimi si incontrino ben più frequentemente nella pratica, i primi hanno assunto negli ultimi anni un'importanza sempre crescente. Vengono elencati e descritti i campi di applicazione di cui i più noti sono quelli relativi al trasporto della energia prodotta da comuni generatori e trasformata in corrente continua fino alla sua trasformazione inversa nel luogo di utilizzazione in alternata, quelli relativi all'alimentazione di campi magnetici, ecc. L'A. fornisce quindi una dettagliata descrizione delle curve caratteristiche dei convertitori di corrente continua in alternata e dei raddrizzatori. Vengono descritti inoltre la stabilità e la potenza reattiva di tali apparecchiature e si accenna alle misure da prendere onde migliorarne la stabilità ed il fattore di potenza. A.C.

## COSTRUZIONI ELETTROMECCANICHE

S. Kohn — **Evoluzione e progressi recenti nella costruzione delle grandi macchine ruotanti.** (Bull. Soc. Franç. Elec., febbraio 1960, pag. 65 a 71, con 12 fig.). 11 a

L'A. cita alcuni esempi di turboalternatori moderni di potenza dell'ordine di 100 MW ed oltre installati in Francia, fornendo su ciascuno di essi alcune notizie. Osserva che l'aumento della potenza unitaria dei turboalternatori negli ultimi 20 anni nel rapporto di 1:4 è stato reso possibile soprattutto dal miglioramento nei metodi di raffreddamento. Si parla fin d'ora della possibilità di macchine da 500 MW ma questa volta l'aumento è basato particolarmente sui progressi della metallurgia. Il peso unitario per i turboalternatori a 3 000 giri/min è sceso da 1,5 kg/kVA nel 1939 a circa 1 a 1,1 per le macchine da 250 MW in costruzione. Per quanto riguarda gli alternatori per turbine idrauliche l'A., sempre con particolare riferimento alla tecnica francese, ricorda i grandi progressi compiuti negli ultimi 10 anni: attualmente è possibile costruire un alternatore da 250 MW a 125 giri/min. Gli statori delle grandi macchine possono essere costruiti in più parti bobinate in officina e poi montati in centrale. Per le macchine ad asse orizzontale si presentano gravi difficoltà per il carico specifico dei supporti; unità da 42 kVA sono da considerarsi già tipi avanzati. L'A. ricorda anche le macchine in costruzione per la centrale mareomotrice della Rance e quelle per i gruppi a bulbo. Nel campo dei compensatori sincroni sono ricordate in particolare due unità da 60 MVar per installazione all'aperto, a 1 000 e 1 500 giri/min con raffreddamento a idrogeno. Lo sviluppo assunto dalle industrie pesanti ha richiesto la costruzione di motori sempre più potenti, specialmente per servizio di laminatoi: vengono ricordate parecchie importanti costruzioni francesi. N.

K. Edwin - A. Hofstätter — **Sulla questione della valutazione delle perdite e del confronto delle offerte di macchine elettriche.** (O.Z.E., febbraio 1960, pag. 37 a 43, con 7 fig.). 11 a

In base a determinazione qualitativa e quantitativa delle principali grandezze, che esercitano un influsso sulle perdite, gli AA. indicano tali elementi per le attuali condizioni in Austria, con particolare riguardo alle macchine elettriche della rete di interconnessione. I valori esposti dipendono fondamentalmente dalle condizioni nel sistema interconnesso nonché dai contratti validi per l'esportazione di energia e dai costi di produzione nelle centrali termiche. Viene inoltre mostrato che, per un confronto di offerte, ha senso una penalizzazione delle perdite, in base al valore, solo in determinate condizioni, quantunque essa sarebbe sempre giustificata da



un punto di vista strettamente economico. Gli AA. mettono in evidenza che gli stessi elementi fondamentali, qui usati per la determinazione del valore delle perdite elettriche nelle macchine e nei trasformatori, sono validi anche per tutti gli altri investimenti delle centrali, in cui si verificano perdite di energia meccanica od elettrica. Questi criteri servono anche per la determinazione della sezione « optimum » delle condotte idrauliche, nel caso di centrali ad accumulo, quando si tenga conto delle perdite variabili di pressione. *Tt.*

G. Zendrini — **Su la stabilità delle oscillazioni proprie di un albero elettrico.** (Rev. B. B., 1959, n. 7, pag. 407 a 418, con 3 fig.). **11 f**

L'A. prende a considerare un albero elettrico costituito da 2 motori asincroni ausiliari con i rotori provvisti di anelli collegati fra loro e con gli statori inseriti su due o tre fasi di una rete, e studia le piccole oscillazioni, intorno alla posizione di equilibrio, di un tale albero elettrico alimentato in trifase. Esamina anzitutto il comportamento in regime stazionario e ricava la espressione del criterio di stabilità di Hurwitz. Successivamente passa a determinare le coppie smorzatrici presenti, la espressione delle correnti statoriche in regime transitorio nel caso di due motori identici e ricava le derivate parziali delle coppie. Le coppie smorzanti prodotte dai motori sincronizzanti si rivelano grandezze pulsanti comprendenti una componente costante e una componente sinusoidale. L'A. passa poi a discutere le coppie smorzanti, tenendo conto dell'effetto dell'inserzione di una impedenza nel circuito del rotore dimostrando che si ottiene così un risultato migliore che inserendo una resistenza pura. Vengono poi fornite formule per il calcolo delle coppie sincronizzanti e per il dimensionamento di uno smorzatore. La teoria esposta è poi illustrata con la applicazione ad un particolare caso numerico. Per riconoscere la attendibilità delle formule proposte si sono confrontati i risultati ottenuti col metodo descritto applicato a due diversi motori, con i risultati ricavati col metodo di Concordia e Kron usando una tavola calcolatrice a corrente alternata, ottenendo soddisfacente concordanza. Col metodo proposto dall'A. le calcolazioni sono più lunghe che col metodo di Concordia e Kron, ma si può fare a meno della tavola calcolatrice. *N.*

H. Sequenz — **80 anni di macchine elettriche.** (E.T.Z. (A), 11 aprile 1960, pag. 285 a 294, con 22 fig.). **11 v**

L'A. passa in rassegna lo sviluppo delle macchine elettriche negli ultimi 80 anni ed espone innanzi tutto il cammino fatto nella corrente continua. Nel 1880 si aveva in questo campo la quasi totalità delle macchine costruite: allora le unità di rado superavano i 10 kW ed erano tutte ad eccitazione in serie, dato che venivano impiegate specialmente per l'alimentazione di lampade ad arco e di impianti di elettrolisi. Il motore a corrente continua si conquistò i comandi di grosse macchine operatrici col sistema Leonard-Ilgner, in cui la regolazione del campo in ampi limiti fu attuata con l'applicazione di poli di commutazione: mentre il Déri, nello stesso tempo, richiama in vita l'avvolgimento di compensazione. Intanto si sviluppavano anche i turbogeneratori con velocità di 80 m/s alla periferia dell'indotto e di 45 m/s al commutatore, usati per l'alimentazione di reti a corrente continua e di impianti di trazione. Da ricordare poi per la saldatura a corrente continua, lo sviluppo delle dinamo a campo trasversale. Nel campo della corrente alternata, l'A. si sofferma specialmente sulla genesi e sullo sviluppo del motore a induzione. Dopo la prima guerra, furono iniziati gli sforzi per il miglioramento del fattore di potenza: a questo riguardo vengono passati in rassegna i diversi mezzi escogitati. Viene poi analizzata la costruzione di macchine sincrone, dai primi tipi, che risalgono al 1883, sino agli attuali. Viene poi accennato alle commutatrici e ai trasformatori; per questi ultimi, l'anno di nascita viene fatto risalire al 1885. Attualmente si fanno grandi unità trasformatrici anche di tipo trasportabile per potenze sino a 100 ed anche 200 MVA, per tensioni rispettivamente di 220 e 380 kV. *Tt.*

ELETTROFISICA E MAGNETOFISICA

D. Kleis — **Tecnica acustica moderna - Dispositivi elettroacustici nei grandi teatri.** (Rev. Philips, Tomo XXI, n. 2, pag. 55 a 76, con 19 fig.). **14 d**

I problemi acustici fondamentali nei teatri sono quelli che riguardano la intelligibilità, l'acustica per la musica che

viene suonata nella fossa dell'orchestra o altrove, e l'acustica come la percepiscono gli attori e i componenti l'orchestra. Spesso le esigenze relative alla visione sono in contrasto con quelle dell'acustica; tuttavia queste possono venire soddisfatte con efficaci combinazioni del suono diretto e del suono indiretto fornito da un impianto elettroacustico. Questa tecnica dona al teatro nuove possibilità e non richiede personale specializzato. Oltre alle esigenze di tali installazioni a funzione acustica, i teatri hanno anche bisogno di servizi elettroacustici ausiliari come impianti nei camerini degli artisti per seguire lo svolgersi della rappresentazione, impianti di chiamata per il personale, impianti per duri d'orecchio, servizi di traduzione simultanea ecc. Anche i dispositivi di televisione si sono resi utili sia per permettere la visione del direttore d'orchestra da parte di artisti che debbano suonare in un locale separato, sia per i ritardatari nel foyer. Il cuore di tutto l'impianto elettroacustico è la così detta cabina del suono dalla quale un operatore controlla, da un punto centrale, tutto l'impianto; in essa si concentrano tutte le linee dei microfoni e degli altoparlanti e vi sono spesso apparecchiature per il collegamento con filo ai centri di radiodiffusione e di televisione. L'A. espone la costituzione di una tipica cabina del suono e successivamente descrive le installazioni elettroacustiche di alcuni grandi teatri fra i quali la Scala di Milano, il Teatro Nazionale Popolare di Parigi ecc. *N.*

F. Winiger — **Fabbricazione e modo di funzionamento dei moderni transistori.** (A.S.E., 12 marzo 1960, pag. 197 a 204, con 14 fig.). **14 i**

L'A. richiama le nozioni relative al comportamento della combinazione  $p - n$  nei transistor nonchè del tipo in lega  $p - n - p$  e descrive poi i due principali metodi di fabbricazione dei transistor stessi: la lega e la diffusione. Viene mostrato che i due metodi di fabbricazione delle combinazioni  $p - n$  danno luogo ad un comportamento assai diverso dei transistor. Vengono poi analizzate le proprietà in alta frequenza di tali dispositivi: la resistenza di base, la capacità del collettore e la frequenza-limite, in relazione con le grandezze fisiche e geometriche del transistor, di cui viene indicato anche uno schema equivalente semplice. Viene poi esaminata l'influenza di una ripartizione non omogenea della resistenza nello strato di base, con particolare riguardo ai transistor costruiti col processo di diffusione, specialmente in relazione al miglioramento del comportamento in alta frequenza. Viene poi proseguita la descrizione della fabbricazione e delle proprietà peculiari in alta frequenza di tre tipi di transistor funzionanti con un campo di slittamento. Infine viene spiegato il comportamento e il modo di fabbricazione di una struttura  $p - n - p - n$  di transistor-tiratron, cioè di un raddrizzatore a regolazione, atto a funzionare con correnti sino a 20 A e per tensioni sino a 400 V. *Tt.*

ELETTROTECNICA GENERALE

A. S. Aldred - G. Shackshaft — **Metodo di previsione basato sulla frequenza della stabilità di macchinario sincrono.** (Proc. I.E.E., Londra, Parte C, marzo 1960, pag. 2 a 10, con 17 fig.). **15 b**

Il metodo applica il criterio di Nyquist, sulla stabilità, ad un circuito chiuso contenente un generatore sincrono, secondo la teoria dei piccoli spostamenti basata sulle equazioni di Park; interrompendo il circuito in un punto si analizza il comportamento della frequenza, sia analiticamente che sperimentalmente. Gli AA. esaminano tuttavia il problema da un punto di vista strettamente teorico, considerando la macchina sincrona con e senza regolatore e con una reazione positiva proporzionale al gradiente di variazione della corrente di campo. I risultati ottenuti sono riportati graficamente, in modo da mettere in evidenza l'effetto dello smorzamento. Lo studio delle piccole oscillazioni rivela come i vari componenti del circuito del regolatore influenzino lo smorzamento relativo al generatore sincrono. La tecnica permette di trattare problemi di stabilità con sola matita e carta, quando siano stabilite in modo preciso le condizioni iniziali, il che presenta molte difficoltà senza l'uso d'una calcolatrice per i calcoli preliminari di orientamento. In caso contrario la caratteristica d'eccitazione dell'alternatore offre gli elementi più sicuri per il calcolo delle condizioni iniziali. Si ritiene che il metodo basato sull'effetto di frequenza ha importanza per calcolare gli avvolgimenti di smorzamento, infatti gli effetti delle variazioni nella reattanza e resistenza di questi possono



essere comodamente osservati nei diagrammi di Nyquist. Si osserva però anche una certa differenza nel comportamento dell'alternatore per oscillazioni ampie, rispetto ai risultati della teoria basata sulle piccole oscillazioni, il che toglie molto valore a questa. I.L.

C. J. Carpenter — **Metodi per il calcolo delle forze su parti di ferro magnetizzato basati sugli integrali di superficie.** (Proc. I.E.E., Londra, Parte C, marzo 1960, pag. 19 a 28 con discussione e 7 fig.). 15 b

Scopo dell'articolo è di esaminare le diverse espressioni contenenti integrali di superficie per calcolare le forze indotte su parti di ferro, per dimostrarne l'equivalenza e la pratica applicazione. I metodi sono messi a confronto e valutati solo per le possibilità che essi offrono di calcolare le forze totali, senza entrare nel meccanismo di formazione delle forze e sulla loro effettiva distribuzione nel ferro. Pur facendo riferimento ai materiali ferromagnetici, le stesse equazioni sono applicabili per analogia alle forze che si esercitano negli isolanti posti in campi elettrici. Viene usato il sistema M.K.S. di unità razionalizzate. In particolare, sono esaminate le forze indotte in un elettromagnete toroidale ed in uno rettilineo, nonché la coppia su un rotore scanalato. I tre metodi di calcolo delle forze proposti da Maxwell ed altri quattro considerati, portano a cinque diverse trazioni di superficie, che appaiono equivalenti purché s'aggiunga, nel caso che il ferro porti correnti di conduzione, alla forza di superficie una distribuzione di forze nel volume, diversa nei quattro casi. La ricerca è prettamente teorica. I.L.

J. C. Franken — **La rete di resistenza, un ausiliario semplice e preciso per risolvere problemi di potenziale.** (Rev. Philips, Tomo XXI, n. 1, pag. 11 a 24, con 18 fig.). 15 b

L'A. richiama l'importanza dei problemi di distribuzione di potenziale in molti campi della fisica e della tecnica e in particolare negli studi di ottica elettronica. Molto spesso non è possibile trovare una soluzione analitica del problema e bisogna ricorrere a metodi indiretti. Fra questi è ben noto quello della vasca elettrolitica basato sulla immersione di un modello in un liquido conduttore e sul rilievo, a mezzo di sonda, della distribuzione del potenziale. Questo metodo presenta tuttavia certe limitazioni e non è privo di inconvenienti. Si è quindi fatto ricorso a un altro metodo che l'A. chiama a rete di resistenze. Nei problemi pratici sono importanti due tipi di rete: il primo serve per risolvere problemi bidimensionali e l'altro per problemi tridimensionali presentanti simmetria di rotazione: in entrambi i casi la equazione di Laplace si riduce a una equazione differenziale a 2 sole variabili indipendenti. La rete di resistenza è costituita da resistori, quattro dei quali si collegano ad ogni nodo. Questi nodi corrispondono a punti di una rete quadratica che si suppone disposto nello spazio occupato dal campo. Ai nodi che corrispondono al bordo si applicano tensioni che sono proporzionali alle differenze fra i valori della funzione cercata che sono dati ai bordi. Quando le resistenze della rete abbiano valori opportuni, gli altri nodi assumono allora potenziali che, per approssimazione, sono proporzionali alla funzione cercata. Lo scarto tende verso zero quando la larghezza delle maglie della rete tende verso lo zero. L'A. indica come procedere per scegliere i valori delle resistenze per i problemi bidimensionali e per quelli tridimensionali a simmetria di rotazione. Viene poi descritta una realizzazione costruttiva di una rete di resistenza e, come esempio di applicazione, si riporta il caso del tracciamento, per mezzo di una rete per problemi tridimensionali a simmetria di rotazione, dei grafici che servono per determinare la tensione di interruzione e il carico anodico massimo dei cannoni elettronici a 4 elettrodi. Viene dimostrato che l'errore risultante dal fatto che le maglie della rete hanno dimensioni finite è molto piccolo. N.

J. Roberts — **Trattamento per analogia dei problemi sulle correnti parassite con campi bidimensionali.** (Proc. I.E.E., Londra, Parte C, marzo 1960, pag. 11 a 18 con discussione, 9 fig.). 15 d

La non uniforme distribuzione della corrente elettrica nei conduttori incassati nelle cave degli indotti è stata determinata analiticamente in casi semplici, geometricamente definiti. Richiamate le equazioni di Maxwell sull'elettromagnetismo, l'A. ne fa un'applicazione ad una rete equivalente formata di sole resistenze e capacità, per dimostrare che la corrente di capacità della rete soddisfa alla stessa equazione della densità di corrente nel campo originario. Un esempio

pratico spiega l'applicazione del metodo inteso a valutare le perdite per correnti parassite e la resistenza effettiva d'un conduttore nella sua cava, cioè circondato dal materiale magnetico dell'indotto. Viene poi fatto un confronto fra i risultati ottenuti per analogia unidimensionale, con le soluzioni analitiche, riferendosi sempre ad un conduttore rettangolare in una cava pure rettangolare. Per casi più complessi, non riducibili alla forma rettangolare, viene fatto riferimento ad altre ricerche teoriche più generali. I.L.

## FISICA, CHIMICA E MATEMATICA

E. Biondi - M. L. Del Buono — **Studio di particolari procedimenti iterativi per la evoluzione di sistemi di equazioni lineari algebriche.** (L'En. Elett., gennaio 1960, pag. 18 a 32, con 9 fig.). 16 d

Molti problemi della tecnica sono riconducibili alla risoluzione di sistemi algebrici di  $N$  equazioni indipendenti lineari in  $N$  incognite, dove  $N$  può assumere valori anche assai elevati. Per sistemi molto estesi spesso è preferibile ricorrere, anziché agli attuali metodi di risoluzione diretta, a particolari metodi iterativi specialmente convenienti quando i coefficienti diversi da zero presenti in ogni equazione siano in numero esiguo rispetto al numero delle incognite: a questa condizione corrispondono, ad esempio, i sistemi che discendono dalla traduzione in termini finiti di equazioni, o sistemi di equazioni, differenziali alle derivate parziali. Gli A.A. richiamano processi iterativi già noti mettendone in luce alcune caratteristiche meno conosciute ed espongono poi uno speciale procedimento iterativo che presenta elevate velocità di convergenza e di carattere abbastanza generale per essere applicato nei vari casi che si presentano nello studio dei detti problemi differenziali. Nei suoi aspetti più generali il procedimento descritto consiste nel fornire alcune regole iterative mediante le quali si modifica un altro metodo assunto come fondamentale, in modo da ottenere un nuovo metodo iterativo generalmente migliore. In particolare viene illustrata l'applicazione del procedimento proposto al metodo delle iterazioni concatenate di Seidel. La esposizione viene svolta valendosi delle notazioni matriciali e del relativo algoritmo. Viene poi svolto un esempio di applicazione del nuovo procedimento, detto del doppio forzamento, a un particolare sistema algebrico lineare di cui è nota a priori la soluzione. N.

## GENERATORI E MOTORI SINCRONI

L. Ferschl — **Nuovi sviluppi nel campo delle protezioni dei generatori.** (E.u.M., 1° e 15 gennaio 1960, pag. 3 a 11 e 31 a 39, con 31 fig.). 17 a

L'A. illustra i più importanti dispositivi per la protezione di generatori e trasformatori usati nella tecnica delle protezioni Siemens, come la protezione differenziale, quella contro i corti circuiti negli avvolgimenti, ecc. La stabilizzazione non lineare permette di dare a questi dispositivi un'alta sensibilità. La protezione differenziale nei trasformatori viene resa oltremodo sicura per mezzo di una stabilizzazione di nuovo tipo contro armoniche superiori e si ha come risultato una notevole sensibilità e una rapida entrata in azione per guasti interni. Vengono inoltre dettagliatamente descritti tutti i dispositivi di protezione oggi in uso, ed è riportata una completa trattazione teorica sull'argomento. A.C.

L. Ferschl — **Nuovi sviluppi nel campo delle protezioni dei generatori.** (E.u.M., 1° febbraio 1960, pag. 56 a 62, con 16 fig.). 17 a

L'A. termina un articolo iniziato precedentemente (vedi «L'Elett.», 1960, pag. 86 d) illustrando nuovi dispositivi di protezione per i corti circuiti negli avvolgimenti, nonché per quei casi in cui un punto del circuito rotorico vada a terra. Dopo una breve trattazione dei sistemi di protezione contro aumenti di tensione e per fenomeni di asimmetria, intendendo per tali l'eventualità che in una lunga linea ad alta tensione vada fuori servizio una fase ed il generatore che alimenta direttamente tale linea venga pertanto ad essere caricato asimmetricamente, sono descritte le protezioni per inversioni di potenza. Tale è il caso di un generatore disconnesso improvvisamente dalla turbina per un guasto meccanico di quest'ultima e che, alimentato dalla rete, funzione-



rebbe come motore. Dopo aver trattato i dispositivi usati per una rapida diseccitazione del generatore, l'A. termina l'articolo descrivendo i metodi di prova, onde assicurarsi in esercizio della costante efficienza delle apparecchiature di protezione.

A.C.

J. Vogel — **Generatori sincroni con magneti permanenti.**  
**Parte I.** (Elektrie, marzo 1960, pag. 89 a 92, con 6 fig.).  
17 b

L'A. indica le vie per calcolare sistemi di induttori, costituiti da magneti permanenti, in generatori sincroni. Viene esaminata la dispersione dell'induttore e viene indicato il valore di dispersione per la superficie polare e per le cave dei poli nonché per la fronte e per gli spigoli dei poli. Viene considerata anche la reazione dell'indotto e viene esaminata la smagnetizzazione per effetto di tale reazione nonché la successiva magnetizzazione per lo stesso motivo. Viene poi studiato il diagramma di lavoro dei generatori sincroni, dotati di tali induttori, e vengono infine indicate le condizioni di esercizio di un tale generatore. Si nota che un grande influsso è esercitato dalla dispersione dello statore: da essa dipende come la macchina lavora in condizioni di stabilità. Tt.

H. Achenbach — **Regolazione di grandi generatori per turbine idrauliche.** (E.T.Z. (A), 28 marzo 1960, pag. 227 a 239, con 22 fig.).  
17 c

La regolazione di tensione in grandi generatori per turbine pone diverse esigenze ai dispositivi di eccitazione e di regolazione di tensione, derivanti dai compiti assegnati per la regolazione, dalle grandezze caratteristiche del gruppo e dalle condizioni d'esercizio nella rete: si deve tener conto anche delle possibilità di combinazione dei diversi elementi, che entrano nel dispositivo di regolazione e che sono oggi in commercio per tale scopo, i quali generalmente rispondono alle normali condizioni di rete e alle grandezze caratteristiche « medie » delle macchine: e ciò tanto per regolatori elettromeccanici quanto per i tipi ad amplificazione magnetica. Quando si richiedano particolari requisiti, si devono usare strumenti con un comportamento più favorevole nel tempo, i quali contemporaneamente siano in grado di far fronte ad un ampio campo di eccitazione. In questo caso conviene dare la preferenza a dispositivi con regolatori basati su amplificatori magnetici, con macchine eccitatrici e, in casi estremi, con raddrizzatori a griglia controllata.

Tt.

H. Happoldt — **Regolazione di grandi turbo-alternatori.** (E.T.Z. (A), 28 marzo 1960, pag. 240 a 246, con 13 fig.).  
17 c

La regolazione di tensione nei turbogeneratori è più facile che non nelle unità per accoppiamento a turbine idrauliche, in quanto le eccitatrici veloci qui usate hanno una più piccola costante di tempo e la reattanza transitoria, che, nei fenomeni di inserzione e disinserzione, determina l'inizio di variazioni della tensione, è minore. Si sono escogitate, per i turbogeneratori, in questi ultimi anni, diverse soluzioni; i bene apprezzati regolatori elettromeccanici avranno per altro ancora un lungo periodo di impiego. Però, a seconda delle esigenze, si fanno strada nuovi dispositivi, quali i tipi per attuare la regolazione di tensione per mezzo di amplificatori magnetici ad eccitazione in serie nonché macchine addizionali, come i booster. Per grandi unità vengono anche impiegati regolatori a transistor, in unione con eccitatrici rapide. Va diffondendosi anche l'eccitazione « senza collettore » con raddrizzatori a secco e in particolare l'eccitazione con raddrizzatore per elevate sollecitazioni e per turbogeneratori, che raggiungano la potenza-limite. Da ultimo l'A. accenna anche al principio del generatore trifase sincro « senza collettore e senza anelli di scorrimento ».

Tt.

K. Bonfert — **Importanza e caratteristiche della rapidità dei dispositivi di eccitazione.** (E.T.Z. (A), 28 marzo 1960, pag. 246 a 261, con 15 fig.).  
17 c

L'esercizio di reti interconnesse va guadagnando sempre più importanza a cagione della formazione di reti a maglia, che così si originano. In questo modo sono sensibilmente cresciute le esigenze circa l'eccitazione, specialmente nei riguardi di possibilità di potenza, rapidità e sensibilità, il che si può rilevare nei nuovi sviluppi di regolatori di tensione e in varianti nella realizzazione di tutto il dispositivo di eccitazione. L'A. indica i compiti di una rapida eccitazione in funzionamento normale allo scopo di ridurre le oscillazioni di tensione per piccole variazioni di carico, di ottenere una ripar-

tizione stabile della potenza reattiva, un allargamento del campo di stabilità statico e la stabilità della tensione nel caso di improvvisa inserzione di linee o improvvisa deficienza di carico in linee e cavi, funzionanti così a vuoto, ed anche nel caso di disturbi, durante il funzionamento in parallelo. Viene in particolare messa in rilievo l'importanza della rapidità dell'eccitazione; vengono esaminate le prescrizioni esistenti e le proposte per definizioni e misure della velocità di eccitazione di singole eccitatrici e di dispositivi completi di eccitazione. Per mezzo di esempi viene mostrato che le definizioni già date nelle Norme sono in parte inadeguate e che le nuove proposte esigono un completamento.

Tt.

K. W. Edwin - W. H. Zwicknagl — **Determinazione dell'invecchiamento negli avvolgimenti ad alta tensione delle macchine sincrone.** (E.u.M., 1° aprile 1960, pag. 141 a 149, con 7 fig.).  
17 v

Gli AA. forniscono una rappresentazione panoramica delle prove di isolamento durante l'esercizio, degli avvolgimenti dei generatori, così come vengono periodicamente eseguite in Austria. Nel presente articolo viene data risposta alle due domande che sono di importanza fondamentale nelle misure onde determinare l'invecchiamento, e cioè: quali sono i compiti cui deve soddisfare una misura di invecchiamento dell'avvolgimento di un generatore? I metodi finora usati sono sufficienti, vi si devono apportare variazioni, oppure addirittura devono essere sostituiti da altri? Per quanto i metodi oggi a disposizione non permettano di fornire un giudizio definitivo e completo, può dirsi che il loro sistematico impiego permette di raccogliere dati sulle caratteristiche degli avvolgimenti e sulle loro variazioni durante l'esercizio. Esso mette in grado di riconoscere in tempo danneggiamenti agli avvolgimenti stessi. Forse sarà tuttavia necessario, in futuro, eseguire prove e misure con tensione più elevata, continua ed alternata.

A.C.

**IDRAULICA**

P. De Pol — **Osservazioni sui limiti di applicabilità della formula di Rehbock per gli stramazzi senza contrazione laterale.** (L'En. Elettr., 1960, n. 2, pag. 139 a 150, con 14 fig.).  
18 b

Nelle misure di portata mediante stramazzi cosiddetti senza contrazione laterale o tipo Bazin, si fa oggi frequentemente uso della formula di Rehbock che si presenta particolarmente semplice; in generale le norme stabiliscono un minimo per l'altezza della traversa in relazione al valore massimo della altezza della vena trascinante che nelle Norme italiane è fissato in 0,80 m. L'A. ha svolto ricerche intese a riconoscere se sia possibile ammettere altezze di vena trascinante maggiori di tale valore. Mette in evidenza come a tale scopo sia sufficiente disporre di un mezzo di misura ausiliario che possa essere tarato con lo stramazzo in un campo di valori in cui si ritenga accertato che il comportamento dello stramazzo è regolare cioè fino a altezze di vena inferiori a 0,80 m. Tale mezzo ausiliario può essere fornito da bocchelli di turbine Pelton oppure da un manometro differenziale. L'A. espone osservazioni e considerazioni sul modo di procedere adottando uno o l'altro di questi dispositivi. Riferisce poi sulle caratteristiche di stramazzi sui quali ha effettuato i rilievi sperimentali, di varia disposizione ma sistemati in modo da potersi ritenere regolamentari. I risultati delle misure eseguite vengono ampiamente riferiti e discussi. L'A. conclude che si può ritenere che non si debbano nutrire timori per il comportamento degli stramazzi senza contrazione laterale, purché siano realizzati con cura e la vena sia bene aereata, neppure quando l'altezza della vena stramazante arriva fino a 1,1 m e probabilmente anche oltre, ciò che in molti casi può apportare sensibili vantaggi pratici per la esecuzione delle misure di portata.

N.

**Un decennio di osservazioni sulla diga di Morasco.** (L'En. Elettr., 1960, n. 2, pag. 97 a 138, con 40 fig.).  
18 c

La diga di Morasco sul torrente Gries, affluente del Toce, forma un serbatoio di 17,65 milioni di m³ con livello di massimo invaso a quota 1815,77. È del tipo a gravità massiccia, a pianta leggermente arcuata, con altezza massima di 59 m e sviluppo al coronamento di 565 m; è suddivisa in elementi da 45 giunti verticali ed è dotata di un sistema drenante con tubi verticali e 3 gallerie orizzontali. Per l'esame del compor-



tamento della diga furono eseguiti i seguenti rilievi: misura delle sottopressioni; misura delle dilatazioni e contrazioni dei giunti; misura delle temperature del calcestruzzo, dell'aria e dell'acqua nel serbatoio; misura degli spostamenti del coronamento. Circa le sottopressioni non si è rilevato nulla di notevole. Dalle misure delle dilatazioni e contrazioni è risultato un valore di 0,00001 per il coefficiente di dilatazione del calcestruzzo. Le misure di temperatura sono state eseguite con un duplice scopo: valutazione della conducibilità termica del calcestruzzo e stima degli sforzi termici. La ricerca del valore della conducibilità termica, coi metodi fondati sull'equazione di Fourier, ha portato a determinare un valore eguale a 3 nel corpo della diga e uguale a 5 nella zona fra paramento a monte e zona dei drenaggi. Vengono in particolare riportate e discusse le calcolazioni relative agli sforzi indotti dagli effetti termici. Il rilievo delle temperature era effettuato mediante 13 termometri a resistenza nel corpo della diga oltre a 4 altri nello strato verticale di valle. I risultati delle calcolazioni sono riportati in numerosi diagrammi; gli sforzi massimi si verificano sui paramenti ma anche nel nucleo centrale si riscontrano sollecitazioni notevoli. Vengono poi riportati i rilievi degli spostamenti del coronamento studiandoli anche dal punto di vista teorico tenendo conto degli spostamenti dovuti alle variazioni di temperatura, alla spinta idrostatica, alla deformabilità della roccia di fondazione. Se ne è anche dedotta una calcolazione del modulo elastico del calcestruzzo che risulta dell'ordine di 140 000 kg/cm<sup>2</sup>. N.

**Ikawa, la prima diga a gravità alleggerita del Giappone.**  
(L'En. Elettr., 1960, n. 2, pag. 152 a 161, con 12 fig.).

18 c

Il fiume Ohi, uno dei maggiori dell'isola di Honsu, sfocia nel Pacifico presso Shimada; la potenza utilizzabile su questo fiume è stimata di circa 450 000 kW dei quali solo 140 000 erano installati prima della costruzione dell'impianto di Ikawa. Il bacino imbrifero di questo impianto ha un'area di 459 km<sup>2</sup>; il serbatoio creato con la diga ha quota di massimo invaso a 665 m s.m. e una capacità utile di 125 milioni di m<sup>3</sup>; la portata di massima piena del fiume è stata di 2 400 m<sup>3</sup>/s. Le condizioni locali consigliarono di adottare una diga a gravità alleggerita costituita da una struttura a robusti speroni con espansioni affiancate a valle oltre che a monte, a profilo trasversale isoscele e inclinazione dei paramenti di 0,55. La tenuta a monte tra elemento e elemento è affidata a giunti permanenti con lamierini rame e pozzetto di bitume riscaldato con resistenze elettriche. Il coronamento della diga, a quota 669 m s.m., è lungo 243 m; l'altezza massima è di 103,60 m; lo spessore in sommità è di 6 m; gli speroni hanno interasse di 14 m e spessore minimo di 3,81 m. Il volume complessivo dei getti di calcestruzzo fu di 471 000 m<sup>3</sup>. Lo scarico di superficie è costituito da 3 luci in fregio al coronamento, larghe 11 m, con paratoie a settore e altezza di ritenuta di 12,60 m; esse sono azionate con gruppi diesel elettrici. Lo scarico di fondo è formato da una condotta cilindrica di 1,60 m con 2 paratoie piane in serie. In prossimità delle opere di presa è sistemata una condotta dissabbiatrice del diametro di 2,30 m che immette nel dissipatore a valle dello scivolo dello scarico di superficie. L'opera di presa è costituita da un pozzo subverticale, a sezione semicircolare addossato al paramento a monte della diga, sormontato da una griglia a torre e dimensionato per una portata variabile da 24 a 80 m<sup>3</sup>/s. Dalla torre partono 2 condotte forzate, di 3,6 m di diametro che attraversano la diga. La centrale, immediatamente a valle della diga, contiene due gruppi con turbine Francis ad asse verticale per salto variabile fra 46,7 e 92,7 m, e alternatori trifasi da 34 000 kVA, frequenza di 50 e 60 p/s. Nella cabina all'aperto sono installati 2 trasformatori trifasi 10 500/16 000 V. N.

**A. Marazio — La misura delle basi nelle triangolazioni atte alla determinazione degli spostamenti delle grandi dighe.**  
(L'En. Elettr., 1960, n. 3, pag. 222 a 230, con 13 fig.).

18 c

Nella misura degli spostamenti e delle deformazioni delle grandi dighe ha molta importanza la misura della base. L'A. espone alcuni richiami generali circa le triangolazioni geodetiche rilevando in particolare come, nel caso delle dighe, non si ricercano le posizioni assolute dei vertici ma le loro variazioni di posizione: non si tratta quindi di una operazione singola ma di una serie di operazioni da svolgere sempre sui medesimi vertici in tempi successivi. È indispensabile che almeno uno dei vertici abbia una giacitura assolutamente costante e che una direzione uscente da esso

possa considerarsi assolutamente invariabile. L'A. espone alcune considerazioni circa la precisione con la quale vanno determinati il valore assoluto della lunghezza della base e quello delle sue variazioni. Esamina poi i vari tipi di basimetri geodetici mettendo in evidenza gli inconvenienti che si sono manifestati durante il loro impiego e descrive poi un nuovo tipo di basimetro studiato per eliminare tali inconvenienti. Tra le due basi dei pilastri di triangolazione che rappresentano gli estremi della base da misurare viene ricavato un cunicolo di circa 0,30 x 0,20 m chiudibile nella parte superiore entro il cunicolo e ancorato alla base di uno dei due pilastri è teso un nastro metallico mediante contrappeso di 10 a 15 kg sistemato in un pozzetto ricavato nella base dell'altro pilastro; il nastro d'acciaio porta una linea di fede che si affaccia a un regolo millimetrato solidale alla base del pilastro. Le variazioni di lunghezza della base vengono così lette direttamente. L'A. indica come tenere conto degli errori che possono derivare da varie cause: instabilità del materiale del nastro; misura della temperatura; correzioni termiche in base al coefficiente di dilatazione; variabilità della tensione del nastro; lunghezza e freccia del nastro; giacitura della base. Vengono riportati i risultati di rilievi eseguiti su una diga italiana. N.

**A. R. Spena — Moti di filtrazione a superficie libera attraverso sistemi di strati filtranti di permeabilità diverse.**  
(L'En. Elettr., gennaio 1960, pag. 1 a 17, con 22 fig.).

18 v

L'A. richiama le leggi che regolano i processi di filtrazione attraverso sistemi filtranti costituiti da strati di permeabilità diverse e riferisce poi su ricerche condotte su falde a superficie libera in moto attraverso filtri a fronti estremi verticali nei quali le frontiere interne sono rappresentate da piani orizzontali o verticali. Le ricerche furono eseguite con apparecchiature sistema Hele-Shaw impiegando oli minerali di elevata viscosità. Vengono riportati i risultati dei rilievi sperimentali coi diagrammi che indicano l'andamento delle traiettorie e delle isopieziche, nonché le distribuzioni delle pressioni lungo il fondo e le frontiere interne relativamente ad alcuni tipi di filtri sperimentali caratterizzati da valori diversi dei rapporti di permeabilità degli strati sovrapposti o consecutivi. L'esperienza dimostra che la distribuzione analitica delle pressioni sul fondo permeabile, fornita dalla teoria elementare basata sulla ipotesi di Dupuit, risulta in genere poco diversa da quella rilevata in filtri a strati verticali e in filtri a strati orizzontali con strato inferiore più permeabile. Circa al contorno superiore della falda nei filtri esaminati si sono riscontrati, fra i profili sperimentali e quelli teorici, scostamenti analoghi a quelli già noti per filtri omogenei. Sia per la distribuzione delle pressioni sul fondo sia per il profilo superiore della falda, la curva teorica differisce in modo particolarmente sensibile da quelle sperimentali nei filtri a strati orizzontali nei quali lo strato inferiore è molto poco permeabile. Questi risultati hanno importanza, fra l'altro, ai fini della stabilità dei manufatti in terra giacché le caratteristiche del terreno sono fortemente influenzate dalla presenza dell'acqua. Dal materiale sperimentale raccolto si desume che le portate emunte da filtri a strati di permeabilità diversa possono venire valutate mediante espressioni fornite dalla teoria elementare. N.

## IMPIANTI

**U. Legnaioli — L'analisi dei diagrammi di carico.** (L'En. Elettr., 1960, n. 3, pag. 202 a 216, con 9 fig.).

20 a

L'analisi dei diagrammi di carico di una Società Elettrica ha importanza non solo statistica ma perché è la base necessaria per lo studio dei programmi futuri. L'A. mette in evidenza la utilità dei così detti diagrammi triangolari che si ottengono disponendo le potenze di produzione, dedotte dai diagrammi quotidiani, in senso decrescente; tali diagrammi possono essere tracciati per giorni o per settimane ecc. L'esame di tali diagrammi tracciati per moltissimi anni hanno messo in evidenza che i diagrammi di più anni consecutivi si possono differenziare considerandoli come dilatati soltanto nel senso delle altezze secondo un rapporto di proporzionalità costante; l'A. dà il nome di isomorfismo a questa proprietà. Anche la differenza fra due diagrammi relativi a epoche diverse rappresenta un diagramma isomorfo di quello differenziale. Ciò permette di prevedere i diagrammi avvenire. L'A. espone molte considerazioni sul confronto di diagrammi an-



nuali, introducendo i concetti di devianza e di indice di forma. Vengono poi esposte ampie considerazioni relative alla progettazione e al dimensionamento degli impianti di pompaggio, sempre con riferimento ai diagrammi di carico. Praticamente in questo studio anzichè lavorare su tutti i diagrammi giornalieri di un anno conviene scegliere per ogni mese due soli diagrammi caratteristici: uno per i giorni feriali e l'altro per quelli festivi, in tutto quindi 24 diagrammi; tali diagrammi vengono poi trasformati in una forma simbolica secondo un artificio indicato dall'A., in modo che si prestano a calcoli semplici e rapidi. Sono svolti alcuni esempi numerici di calcolazioni e di determinazione della capacità di serbatoi. In ultimo l'A. indica alcune operazioni grafiche che si possono eseguire sui diagrammi di carico per ricavare le informazioni e le valutazioni desiderate. N.

**H. Eilken — Regolazione di centrali idroelettriche funzionanti in parallelo.** (E.T.Z. (A), 14 marzo 1960, pag. 203 a 209, con 9 fig.). 20 d

L'A. esamina le condizioni di regolabilità dei diversi tipi di turbine idrauliche ed espone i criteri generali della loro regolazione: in particolare viene indicato l'influsso delle grandezze caratteristiche dei regolatori. Viene analizzato l'andamento « optimum » della regolazione e viene poi descritta la costruzione dei diversi tipi di regolatori, meccanici ed elettrici. Vengono messe in evidenza le difficoltà della regolazione delle turbine idrauliche, determinate dalle loro particolari condizioni e da quelle della condotta forzata. Dai regolatori si richiede, oltre ad elevata rapidità di regolazione, massima sensibilità e grande precisione nella regolazione stessa. Nella progettazione di una centrale idroelettrica, destinata a funzionare in parallelo con altre in una rete, si deve già tener conto delle esigenze di tale funzionamento. Tt.

**P. Grasme — La copertura di punte di carico molto ripide con centrali termiche a vapore funzionanti con surriscaldatore.** (E.T.Z. (A), 14 marzo 1960, pag. 193 a 203, con 16 fig.). 20 f

Le centrali termiche a vapore, funzionanti ad elevate pressioni, dovrebbero essere previste per partecipare adeguatamente al mantenimento della frequenza ed essere in grado di assumere improvvise forti variazioni di carico, senza danno per le diverse parti dell'impianto. La questione è stata oggetto di ricerche teoriche, controllate poi con prove pratiche. Viene analizzato il comportamento di caldaie ad alta pressione a circolazione naturale, nel caso di rapide variazioni nel prelevamento di vapore, e viene qui considerato l'influsso degli accumulatori di vapore del sistema di vapore intermedio, nel caso di rapide variazioni di carico. Viene poi riferito sulle prove effettuate circa l'eliminazione di ripide punte di carico in una caldaia Benson. Da tali ricerche è risultato che variazioni di carico relativamente grandi e ripide possono essere sopportate da una caldaia a circolazione forzata, per moderate diminuzioni di pressione, quando intervenga rapidamente la regolazione dell'alimentazione e del focolare, il che presuppone la possibilità di rapido adeguamento della combustione alle condizioni di carico. Ciò si può meglio realizzare con combustione ad olio o a gas. L'esame dell'A. si limita alle centrali-blocco con surriscaldatore intermedio. Tt.

**L'impianto idroelettrico di Stornorrfs in Svezia.** (L'En. Elett., dicembre 1959, pag. 1134 a 1146, con 15 fig.). 20 i

L'impianto di Stornorrfs contiene attualmente 3 gruppi per complessivi 375 MW e raggiungerà, a sviluppo completo, 500 MW. È situato sul fiume Ume, a valle della confluenza col Vindel, che ha una portata media di 450 m³/s; il salto utilizzato è di 75 m. L'impianto è proporzionato per una portata massima di 600 m³/s. La ritenuta sul fiume è costituita da 3 parti: una soglia sommergibile e due dighe laterali non sommergibili; queste opere sono costruite immediatamente a valle della preesistente diga della centrale di Norrfs. Il canale derivatore è lungo circa 2 400 m. Al termine del canale si dipartono 3 canali in roccia che portano ai 3 imbocchi dei pozzi forzati prima dei quali si trova un piccolo bacino di carico in grotta. I pozzi sono verticali e presentano inferiormente un gomito per raccordarsi alle turbine; hanno diametro di 8 m e sono completamente rivestiti di calcestruzzo e, nella parte inferiore, blindati in lamiera di acciaio. La sala macchine, in caverna, ha dimensioni di 124x18,5 ed è alta 29 m: a una estremità si trova la sala quadri e, all'altra, la

sala montaggio. Vi sono 2 grue a portale da 120 t e altre 2 grue minori; funzionando insieme possono sollevare un carico di 475 t, superiore al peso del rotore (448 t). La sala trasformatori è presso a poco alla stessa quota della sala macchine e parallela ad essa cui è collegata con 3 brevi gallerie. Le turbine, ad asse verticale, sono proporzionate per 75 m di salto e 200 m³/s, a 125 giri/min; le giranti sono saldate e non fuse, in acciaio inossidabile; la girante pesa 70 t e ha diametro di 5,20 m. Gli alternatori da 150 MVA, 18 kV, cos  $\varphi$  = 0,9 a 125 giri/min hanno supporto di spinta inferiore con circolazione automatica dell'olio. Gli alternatori sono collegati a un unico gruppo trasformatore di 3 unità monofasi da 200 MVA, 18/400 :  $\sqrt{3}$  kV; ogni unità pesa 230 t. Cavi verticali a olio fluido collegano i trasformatori con la cabina all'aperto a 380 kV. N.

**F. Harraner - G. Zanella — L'impianto idroelettrico del Leno dell'Azienda Generale Servizi Municipalizzati del Comune di Verona.** (L'En. Elett., 1960, n. 1, pag. 35 a 51, con 24 fig.). 20 i

L'impianto utilizza il Leno di Vallarsa e il Rio Ala affluenti di sinistra dell'Adige. Lo sfruttamento dei due corsi d'acqua si basa sul serbatoio di Speccheri, con livello di invaso a 805 m s.m. al quale vengono addotte le acque del Rio Sinello e del Rio Gerlano. La utilizzazione è completata da due derivazioni a quota 588 e 606 con immissione, per sollevamento, nella galleria principale di derivazione. La portata così ottenuta è utilizzata, con un salto massimo di 657 m, nella centrale di Maso Corona presso Ala. La superficie del bacino imbrifero utilizzata è di circa 66 km² dei quali 13,75 sottesi dalla diga di Speccheri. Questa, del tipo a doppia curvatura, trascinabile nella parte centrale, crea un serbatoio di 9,5 milioni di m³; l'altezza massima della diga è di 156,45 m; lo sviluppo in cresta è di 192 m. In sponda destra ha inizio la galleria di derivazione, lunga 8 700 m con diametro interno di 2,25 m; la derivazione attraversa la vallata con un pontesifone portandosi in sponda sinistra per terminare a quota 724 col pozzo piezometrico di 3 m di diametro e alto 80 m con 2 camere di compenso, inferiore e superiore. Dal pozzo piezometrico parte la condotta forzata, lunga 1 600 m, che termina in centrale con 4 diramazioni. Immediatamente a valle del sifone vengono immesse nella galleria, mediante pompaggio, le acque raccolte nel serbatoio di Busa da 500 000 m³ con massimo invaso a quota 588. Al termine della galleria si innesta la condotta dell'impianto di sollevamento della piccola centrale di Valbona il cui esercizio si effettua nei periodi di magra quando si devono restituire le acque alle irrigazioni. Nella centrale di Maso Corona sono installati 2 gruppi Pelton-alternatori da 12 500 kVA ed è previsto un terzo gruppo da 2 500 kVA. L'energia prodotta viene trasferita a Verona mediante una linea a 130 kV. La producibilità annua media è di 60 milioni di kWh. N.

**K. Moraw — I nuovi compiti della stazione di trasformazione di Hesselberg della Soc. di Interconnessione Austriaca.** (O.Z.E., marzo 1960, pag. 73 a 78, con 5 fig.). 20 i

La stazione considerata, situata nella Stiria, fu progettata nel 1938-40, quando ancora non si prevedeva l'enorme incremento che avrebbe subito in seguito il consumo di energia elettrica: essa doveva da principio alimentare una rete a 35 kV con energia proveniente da una rete a 110 kV. In seguito però la Soc. di Interconnessione Austriaca prevede la costruzione di una rete a 220 kV e perciò fu necessario realizzare successivamente a Hesselberg un impianto di interruttori per 220 kV e una stazione di trasformazione 220/110 kV per una potenza di 240 MVA. Fu perciò effettuato un ampliamento della stazione primitiva, in modo da rendere possibili in avvenire ulteriori ampliamenti. Per far fronte alle necessità dell'ampliamento considerato, fu realizzata anche una nuova sala-quadro dalla quale possono essere comandate 70 diramazioni di carattere molto diverso; per essa fu scelta una pianta circolare, in cui si potè limitare l'area a soli 4 m² per ogni diramazione contro valori notevolmente più elevati precedentemente ritenuti indispensabili. Tt.

**R. Partl — Progetti per lo sfruttamento del Danubio alle Porte di Ferro.** (O.Z.E., marzo 1960, pag. 79 a 83, con 8 fig.). 20 i

Nel percorso di 2 900 km del Danubio dalla sorgente al mare, il tronco di 120 km da Moldova a Turnu-Severin, conosciuto col nome di « Porte di Ferro » costituisce il tratto



più ripido in modo irregolare. Il fiume ivi si restringe dalla sua larghezza normale di circa 650 m a soli 150 m: la pendenza, che nella pianura ungherese è solo del  $0,06 \text{ ‰}$ , qui sale al  $0,5 \text{ ‰}$  ed in certi punti sino al  $2 \text{ ‰}$ ; la velocità raggiunge 4,5 m/s. Lo sfruttamento di tale tratto è stato oggetto, dopo la prima guerra, di studio tra la Jugoslavia e la Romania, poichè ivi il fiume fa da confine tra i due Stati. Nel 1957 furono avanzate proposte dalla Jugoslavia per una variante del primitivo progetto, seguite poi da ulteriori studi da parte della Romania. È ora considerato lo sfruttamento in un solo salto di 28,95 m con una centrale equipaggiata con 12 gruppi e con una diga della lunghezza di 550 m; ma si sono fatti anche studi per uno sfruttamento in due salti oppure in tre salti, che però appaiono più costosi del primo. La Jugoslavia ha poi fatto a sua volta controproposte per la soluzione in un solo salto: con 24 m di caduta e una portata media di  $8 \text{ } 340 \text{ m}^3/\text{s}$  si avrebbe una potenza di 1 650 MW con una produzione annua di 9,2 miliardi di kWh di energia. Il bacino di accumulo si estenderebbe sino a 140 km a monte della diga: esso potrebbe avere una funzione settimanale con variazione nel salto di caduta da 1,5 a 2,5 m. L'energia prodotta verrebbe utilizzata dai due Stati rivieraschi, in quanto per il 1970 è previsto un consumo complessivo, per i due Paesi, di 35 miliardi di kWh annui. Sarebbe anche avvantaggiata la navigazione con la costruzione di apposito canale munito di chiuse. Tt.

**R. Saudan — Il progresso tecnico nel campo degli impianti di telecomando centralizzato.** (A.S.E., 12 marzo 1960, pag. 219 a 225, con 4 fig.). 20 I

L'A. riferisce sullo scambio di notizie circa i risultati di esperienze avvenuto a Linz-Gmunden in Austria nel 1959. La riunione indetta dall'Associazione delle Centrali Austriache (VEO) e dalla sua consorella tedesca (VDEW), era sotto la presidenza di A. Kemmelmeier. Furono presentate 90 relazioni da delegati germanici, austriaci, francesi e svizzeri. L'A. riferisce in particolare su quanto comunicato dal rappresentante dell'E.d.F. circa il suo sistema di telecomando centralizzato a 175 Hz. Degna di menzione particolare, secondo il relatore, è anche la memoria presentata dal delegato bavarese, E. F. Haerdle, sull'alimentazione con energia a frequenza musicale di una grande rete a maglia a media tensione. È risultato dalla discussione che gli impianti di telecomando centralizzato facilitano notevolmente il compito dei distributori di energia elettrica. Tt.

**E. A. Kerez — La centrale nucleare di Trawsfynydd al nord del Paese di Galles.** (Rev. B. B., 1959, n. 7, pag. 381 a 385, con 4 fig.). 20 n

La Atomic Power Construction Ltd. (APC) è uno dei cinque raggruppamenti di imprese creati in Inghilterra per costruire centrali nucleari complete. Nel 1959 la APC ha iniziato la costruzione di una centrale nucleare che comprenderà due reattori e 4 gruppi turboalternatori da 145 MW. La centrale sorge sulla sponda di un lago che serve come serbatoio di accumulazione per una centrale idroelettrica. I reattori utilizzeranno uranio naturale come combustibile, grafite come moderatore e anidride carbonica come vettore del calore. Il nucleo comprenderà 3 720 canali verticali per le sbarre di combustibile e sarà contenuto in un involucro di acciaio, di circa 90 mm di spessore, in forma di sfera con 19 m di diametro. Il gas sarà a pressione di  $18 \text{ kg/cm}^2$ . A ogni reattore saranno connessi 6 scambiatori di calore cilindrici, di 5,5 m di diametro interno e alti 35 m; comprenderanno, ognuno, 6 fasci di tubi vaporizzatori. La circolazione del gas è ottenuta, per ciascun reattore, con una soffiante assiale a un solo stadio comandata da un motore asincrono da 4 500 kW, a 2 950 giri/min direttamente accoppiato. Ciascun reattore sarà installato, insieme ai suoi scambiatori, in un edificio indipendente di  $90 \times 55 \text{ m}$ , alto 55 m. I 4 turboalternatori saranno installati trasversalmente nella sala macchine di  $67 \times 137 \text{ m}$ . Le turbine sono a 4 corpi, alimentate con 2 arrivi di vapore a pressioni diverse: il vapore a  $66 \text{ kg/cm}^2$  e  $380 \text{ °C}$  attraversa il corpo ad alta pressione, all'uscita del quale si trova l'ingresso del vapore a  $21,4 \text{ kg/cm}^2$  e  $365 \text{ °C}$  che attraversa prima una ruota ad azione e si mescola poi col vapore proveniente dal corpo ad alta; la miscela passa, in 2 flussi, nel corpo a media pressione e finalmente, diviso in 6 flussi, passa nei 2 corpi a bassa pressione e nel condensatore a  $0,04 \text{ kg/cm}^2$ . A pieno carico di 145 MW la portata di vapore che esce dal corpo a media pressione è di  $565 \text{ t/h}$  con grado di umidità di circa 11 %, ciò che rende necessario eliminare  $62 \text{ t/h}$  di acqua in quella posizione. La centrale richiederà, per i condensatori,  $160 \text{ } 000 \text{ m}^3/\text{h}$  di acqua di circolazione. N.

**J. L. Figl — L'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica a Vienna.** (E.u.M., 1° gennaio 1960, pag. 1 a 3). 20 n

L'A. riporta un breve panorama del programma e della struttura dell'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica. Essa è nata dall'appello rivolto l'8 dicembre 1953 dal Presidente Eisenhower alla Riunione Generale delle Nazioni Unite onde promuovere l'istituzione di un Ente internazionale che coprisse tutte le attività connesse con l'uso dell'energia nucleare a scopi pacifici. La prima Conferenza Generale dell'AIEA fu pertanto tenuta a Vienna dall'1 al 23 ottobre 1957. Uno dei più importanti campi di attività dell'AIEA è rappresentato dal contributo volto a promuovere lo sviluppo dell'impiego dei radioisotopi in medicina, agricoltura, industria, ecc. In merito alla produzione di energia di origine nucleare sono in corso studi che hanno portato come primo risultato, alla pubblicazione di un repertorio, ricco di tutti i dati tecnici ed economici reperibili, dei reattori di potenza oggi esistenti nel mondo. Anche nel campo della sicurezza e della protezione sanitaria, pur non essendo stati promulgati ordinamenti o norme il cui carattere di obbligatorietà è contrario allo Statuto dell'Agenzia, sono state formulate raccomandazioni accettate da tutti gli Stati Membri. Notevole è inoltre il contributo dell'AIEA in merito alla formazione tecnica ed allo scambio di esperti tra i vari Paesi del mondo. L'A. accenna inoltre ai laboratori costruiti o in progetto nel Centro atomico di Seibersdorf presso Vienna. L'articolo viene chiuso con una breve illustrazione della organizzazione dell'Agenzia, articolata in cinque Divisioni. A.C.

**W. Kurz — L'installazione di centrali atomiche in Austria.** (E.u.M., 1° febbraio 1960, pag. 45 a 48, con 2 tabelle). 20 n

L'A. rileva come in materia di inserzioni di centrali atomiche nel bilancio energetico austriaco, si possa considerare il problema da tre fondamentali punti di vista: 1) dall'analisi del consumo energetico nel passato e dalle previsioni future, tenendo conto della corrispondente produzione, si può ricavare per mezzo di estrapolazione, il periodo in cui si deve procedere all'installazione di una centrale atomica; 2) occorre che al detto periodo di tempo la centrale atomica si dimostri conveniente da un punto di vista economico; 3) decisive per la detta installazione risultano la sicurezza di esercizio e l'esperienza acquisita con quel dato tipo di reattore. L'A. illustra la situazione energetica in Austria e le previsioni future. In merito quindi al punto relativo al costo della energia elettrica di origine nucleare ed al suo paragone con quello dell'energia di origine convenzionale, l'A. cita tre fonti principali di dati: lo studio effettuato in Italia che va sotto il nome di progetto ENSI in cui, per la prima volta nella storia, le ditte offrenti hanno reso pubblici i prezzi, in parte garantiti, delle loro installazioni, le giornate di Stresa, nel maggio scorso, promosse dall'OEEC; ed infine lo studio dei tre Saggi dell'Euratom. Vengono paragonati quindi in una tabella i costi di investimento per centrali atomiche di diverso tipo con quelli di centrali convenzionali. I reattori presi in considerazione sono del tipo ad acqua in pressione e bollente, a liquidi organici ed a gas-grafite. L'A. conclude come, pur senza possibilità di fornire dati di carattere quantitativo, sia fondata la considerazione che entro 8-12 anni la energia di origine nucleare possa entrare in diretta competizione con quella di origine convenzionale. A.C.

**H. Grümmer — Colonna termica e tubi di irraggiamento del reattore di Seibersdorf.** (E.u.M., 1° maggio 1960, pag. 89 a 91, con 5 fig.). 20 n

Salvo gli elementi di combustibile e le apparecchiature di controllo e regolazione, le parti più importanti del reattore ASTRA di Seibersdorf vengono realizzate in Austria, secondo il progetto della ditta americana AMF-Atomics. Tra queste parti, oltre il recipiente del reattore e i dispositivi di irraggiamento sott'acqua, sono di particolare interesse la colonna termica ed i tubi di irraggiamento poichè pongono l'industria austriaca per la prima volta di fronte a problemi del tutto nuovi. I tubi di irraggiamento in alluminio, chiusi all'interno, portano fino alla superficie del nocciolo del reattore; l'A. illustra quindi le modalità di funzionamento nonché i dispositivi che ne permettono l'uso. Per quanto riguarda la colonna termica, essa, costituita da un blocco quadrato di grafite, rappresenta una sorgente di neutroni ad energia « termica », cioè di neutroni lenti. L'A. termina l'articolo esponendo le difficoltà incontrate dall'industria per realizzare attrezzature con esigenze del tutto nuove e particolari. A.C.



**A. Facchini - M. Mandelli Bettoni — Metodi di controllo e di decontaminazione per aerosoli e gas radioattivi.**

(L'En. Elett., 1960, n. 1, pag. 52 a 65, con 14 fig.). 20 n

Dopo avere fornito i dati più interessanti riguardanti le dosi ammissibili dei nucleidi più temuti, gli AA. ricordano che le principali fonti di gas e aerosoli radioattivi sono: miniere e officine di lavorazione di minerali di uranio e di torio; reattori nucleari di ricerca e di potenza; «laboratori caldi» e servizi annessi; esplosioni nucleari; in proposito vengono esposte molte notizie di carattere generale. Vengono poi passati in rivista i metodi di controllo. Per le miniere sono considerati particolarmente: il controllo del radon e del toron mediante camera a scintillazione per particelle alfa; il controllo delle polveri a vita breve mediante aspiratori e filtri; il controllo delle polveri a vita lunga mediante analisi in camera di ionizzazione a impulsi e prelievo con precipitatore elettrostatico. Vengono anche fornite notizie sui controlli nell'edificio del reattore e nei laboratori e sul controllo dell'attività atmosferica. Gli AA. si occupano poi dei metodi di decontaminazione. Per piccole quantità di contaminanti la eliminazione può essere eseguita semplicemente mediante diluizione nell'atmosfera. Per livelli di radioattività più alti occorrono misure protettive per le zone circostanti. Riguardo agli aerosoli gli AA. riportano in una tabella la velocità di caduta in aria di polveri in relazione alla loro granulometria e dei metodi usati per la loro separazione; i soli apparecchi capaci di dare soddisfacente decontaminazione da polveri radioattive dell'ordine del micron sono: eiettori, precipitatori elettrostatici, setti porosi; sono forniti in proposito dati e notizie. In particolare è discussa la efficienza dei setti porosi in relazione al materiale che li costituisce e alle condizioni di funzionamento (temperatura e pressione). Nei riguardi della decontaminazione i gas radioattivi possono essere distinti in 3 gruppi: radon e toron; prodotti di attivazione; gas di fissione. Fra i prodotti di attivazione il più preoccupante è  $A^{41}$ ; generalmente lo si diluisce nell'atmosfera con camini sufficientemente alti. Per lo iodio si ricorre all'assorbimento su materiali a base di argento o con setacci molecolari basati sull'impiego di zeoliti disidratate, xenon e kripton possono essere separati per assorbimento su carboni attivi a  $-80^{\circ}\text{C}$  o anche mediante solventi particolari. N.

**E. Fumagalli — Calcestruzzi da schermaggio biologico per reattori di potenza.** (L'En. Elett., 1960, n. 2, pag. 162 a 170, con 13 fig.). 20 n

L'azione schermante è diretta principalmente ad assorbire i neutroni emessi da una reazione nucleare e deve soddisfare principalmente alle seguenti funzioni: attenuazione dei neutroni veloci, e di quelli a media energia; assorbimento dei neutroni lenti o termici; assorbimento delle radiazioni secondarie conseguenti all'assorbimento neutronico. Escludendo i calcestruzzi ad elevata densità (si è arrivati a  $8,5 \text{ t/m}^3$ ) l'A. considera: calcestruzzi normali, baritici, magnetici. Le moderne ricerche hanno messo in rilievo l'opportunità di curare la composizione dei calcestruzzi in relazione alla funzionalità ed efficacia dei singoli componenti. Il ferro è più qualificato di altri elementi (anche ad elevata densità come il bario) per rallentare neutroni veloci. Per disperdere l'energia dei neutroni a medio livello energetico sembra raccomandabile un contenuto medio di idrogeno dell'ordine del 0,5 %, anche per il fissaggio dei neutroni lenti. Per calcestruzzi ad elevata densità ( $4$  a  $6 \text{ t/m}^3$ ) si dimostra utile per la cattura di neutroni lenti una piccola quantità di boro. L'A. espone alcune considerazioni circa la scelta degli inerti e della qualità del cemento per la preparazione del calcestruzzo. Una questione importante e delicata è quella del dosaggio in acqua: la sua presenza è utile ma un eccesso può determinare effetti di separazione fra i costituenti durante la posa; in proposito l'A. fornisce dati e considerazioni. I conglomerati baritici costituiscono, con il piombo, gli schermi tradizionali per le radiazioni  $\gamma$ . La magnetite ha trovato frequenti impieghi nei calcestruzzi, da sola o con altri elementi, specialmente presso i reattori degli Stati Uniti; l'A. fornisce in proposito alcune notizie e riferisce poi sulle ricerche che hanno servito a concretare le direttive precedentemente esposte. Tali ricerche nei riguardi dei calcestruzzi magnetici e baritici hanno messo in evidenza che i due materiali possono integrarsi in calcestruzzi di tipo così detto eterogeneo. N.

**L. Sani - F. Zanchi — Alcuni aspetti del controllo dei reattori nucleari - Analisi sperimentale delle condizioni di funzionamento degli amplificatori di impulsi.** (L'En. Elett., 1960, n. 3, pag. 240 a 249, con 16 fig.). 20 n

La misura del flusso neutronico è fondamentale per il con-

trollo di un reattore e può essere effettuata o con una camera a ionizzazione o mediante contatore di impulsi. Le caratteristiche peculiari di un contatore di impulsi per tale scopo sono: la capacità di poter riprodurre amplificati soltanto gli impulsi desiderati, e possibilmente riprodurli ad alta velocità. Normalmente l'amplificatore di impulsi è diviso in due parti: il preamplificatore posto vicino allo strumento rivelatore e l'amplificatore principale. Gli AA. riferiscono circa i risultati di esperienze, eseguite a mezzo di una catena contatore proporzionale al trifluoruro di boro - preamplificatore - amplificatore principale - analizzatore di ampiezza - numeratore. Le esperienze avevano lo scopo di individuare, in relazione alle esigenze, le migliori condizioni di funzionamento di un amplificatore di impulsi come elemento della catena di controllo dei reattori nucleari. Dopo alcune notizie sulla forma dei segnali, gli AA. prendono in esame le questioni relative alle fonti di rumori (effetto di resistenza, effetto shot, effetto shot di corrente di griglia e di corrente anodica), all'analisi dei rumori in funzione della loro ampiezza, e al rapporto segnale/disturbo. Considerazioni vengono anche esposte circa il tempo di risoluzione, l'effetto di sovrapposizione di impulsi spuri, e l'effetto di sovraccarico dell'amplificatore. Le condizioni di massimo rapporto segnale/disturbo si hanno per valori delle costanti di tempo di integrazione  $T_2$  e di differenziazione  $T_1$  dipendenti dal guadagno dell'amplificatore. Conviene fin dove possibile evitare una costante di differenziazione più breve di quella di integrazione. Le condizioni di massimo potere risolutivo richiedono bassi valori del rapporto  $T_2/T_1$ . L'amplificazione del sistema deve essere scelta in funzione della ampiezza del segnale da rilevare e alla tensione di uscita prevista per il circuito discriminatore (di solito fra 5 e 50 V); un guadagno eccessivo provoca un sovraccarico dell'amplificatore, il quale potrebbe causare una alterazione nel conteggio. N.

## MATERIALI

**W. Dremel — Ricerche sul cadmio-argento e sull'ossido di cadmio-argento.** (Elektrie, marzo 1960, pag. 98 a 101, con 6 fig.). 26 e

Nella realizzazione di apparecchi di interruzione di grande durata, atti a sopportare parecchi milioni di manovre, hanno grande importanza la scelta e l'impiego di adatti materiali per i contatti, dai quali si richiede elevata resistenza contro l'influsso dell'arco e piccola resistenza nei punti di contatto. Nelle ricerche di laboratorio, si è potuto stabilire che l'ossido di cadmio-argento per la corrente continua e il cadmio-argento per l'alternata presentano maggior resistenza all'usura per bruciatura, per effetto dell'arco, che non l'argento puro. In questi ultimi tempi, per ottenere una distribuzione uniforme e finemente suddivisa dell'ossido di cadmio, che specialmente influenza le proprietà del materiale, vengono trattate leghe di cadmio-argento a temperature di  $800^{\circ}\text{C}$  sotto l'influsso di ossigeno, così da ottenere un'ossidazione interna. La resistenza di contatto in tale lega ossidata, come pure nella lega cadmio-argento, risulta inferiore a quella dell'argento puro e ciò per l'influsso dell'ossido di cadmio formantesi sotto l'azione dell'arco. L'impiego di queste leghe di protezione risulta perciò conveniente perchè consente di prolungare la durata dei contatti. Tt.

**C. Banco - F. Vacchi — Indagine sulla correlazione di alcuni parametri sperimentali relativi alle vernici isolanti sintetiche.** (L'En. Elett., dicembre 1959, p. 1122 a 1123, con 20 fig.). 26 f

Gli AA. richiamano l'utilità dell'osservazione al microscopio di avvolgimenti campioni precedentemente sottoposti a impregnazione con il metodo operatorio e la vernice isolante che si vogliono studiare. Da studi precedenti (vedi «L'Elettrotecnica» 1958, p. 150 D) sembra potersi dedurre che l'impregnazione di un avvolgimento debba rispondere a condizioni che sono intimamente legate fra loro. Per verificare questo legame gli AA. hanno svolto sistematiche ricerche sui seguenti punti: osservazioni al microscopio degli strati di vernice isolante di sezioni di avvolgimenti campioni; determinazione sperimentale delle curve del fattore di perdita dielettrica degli stessi campioni in funzione della tensione e della temperatura; determinazione sperimentale del coefficiente di conduttività termica globale di avvolgimenti campione. Le osservazioni microscopiche sono state estese a parecchie famiglie di isolanti sintetici: resine poliuretaniche,



fenoliche grasse, siliconiche, epossidiche. Gli AA. riportano largamente i risultati delle loro ricerche documentandoli con numerose microfotografie, con diagrammi e oscillogrammi. È risultato che le osservazioni microscopiche permettono di rivelare con sicurezza quando vi è una causa che possa ostacolare il processo di indurimento, oppure quando non vi sia corrispondenza fra le caratteristiche fisiche della vernice e le necessità tecnologiche di una determinata impregnazione. Anche la determinazione del coefficiente di conduttività termica globale può fornire interessanti indicazioni sugli isolanti da utilizzare, sui processi di impregnazione e sulla tecnica di loro esecuzione. N.

## MISURE

Moravová - Novotný - Pánek — **Schemi equivalenti per trasformatori per la prova di interruttori.** (Elektrie, marzo 1960, pag. 93 a 97, con 15 fig.). 28 d

Gli AA. ricordano che in Cecoslovacchia si fanno continui sforzi per lo sviluppo di nuovi metodi di prova per apparecchi ad alta tensione. Si tratta soprattutto di prove di corto circuito, in cui viene data particolare importanza alla regolazione di singole grandezze. Ma in questi ultimi tempi si sono anche fatte ricerche circa il problema dell'interruzione di piccole correnti induttive e capacitive con apparecchi per alta tensione. Inoltre nelle sale prove si fa ormai normalmente la prova di inserzione e disinserzione di batterie di condensatori. A questo scopo fu necessario studiarne a fondo il comportamento dal lato teorico per cercare poi conferma nell'esperimento. Nell'articolo gli AA. si occupano in particolare del problema della prova di apparecchi per alta tensione durante l'interruzione di trasformatori di notevole potenza funzionanti a vuoto. Specialmente si è studiato il problema di realizzare adatti circuiti equivalenti di prova con induttanze e capacità regolabili: mediante variazione di esse, si possono riprodurre tutti i tipi di trasformatori per diverse tensioni e potenze. Innanzi tutto furono fatte ricerche sui fenomeni fisici, che si hanno nell'interruttore nella disinserzione di un trasformatore funzionante a vuoto. Il metodo di prova descritto è assai semplice ed è specialmente adatto per prove di sviluppo di apparecchi per alta tensione. Il metodo offre larga possibilità di regolazione delle singole grandezze del circuito. Poiché questo metodo consente di sostituire lunghe e costose prove di rete sugli interruttori, in diverse condizioni di funzionamento, e non richiede ulteriori dispositivi in sala-prove, rappresenta un efficace contributo al perfezionamento dei moderni interruttori per alta tensione. Ti.

H. Hart — **La resistenza interna di ampermetri con resistenza in parallelo.** (Elektrie, marzo 1960, pag. 103 a 104, con 3 fig.). 28 d

In molte misure è necessario conoscere la resistenza interna dell'ampermetro per poter fare poi le inevitabili correzioni. Normalmente tale dato è noto ed anche l'aggiunta di resistenze in parallelo non offre difficoltà. Ma le cose si complicano, se lo shunt è disposto per parecchi campi di misura. L'A. fa l'esempio nel caso di 3 campi di misura. Viene indicata in tal caso una formula semplificata, che può essere facilmente estesa al caso di  $n$  campi di misura, per la determinazione della resistenza interna nel caso considerato. Ti.

F. Gasparini - L. Merigliano — **Frequenzimetro a diodo Zener.** (L'En. Elettr., novembre 1959, pag. 1069 a 1074, con 6 fig.). 28 e

Gli AA. richiamano il principio di funzionamento di frequenzimetri detti a scarica di condensatore; è necessario per essi disporre di escursioni del valore di tensione costanti. L'impiego di moderni stabilizzatori di tensione a caratteristiche molto pregiate permette oggi di sostituire, a schemi alquanto complessi, altri di notevole semplicità ed economia per ottenere variazioni  $\Delta V$  indipendenti dalla ampiezza della tensione alternata di cui si vuol misurare la frequenza. Gli AA. descrivono un circuito che basandosi su detto principio, utilizza le caratteristiche dei diodi Zener per ottenere i voluti valori di  $\Delta V$  in un campo di frequenze da decine di p/s a decine di kp/s. Poiché spesso è opportuno disporre di frequenzimetri che consentano la misura in una ristretta banda con notevole precisione, è necessario in tali casi ricorrere a dispositivi, meccanici od elettrici, mediante i quali si fa corrispondere lo zero dello strumento ad una prefissata fre-

quenza. Gli AA. discutono ampiamente un particolare circuito che permette di realizzare buone condizioni di precisione, semplicità ed economia e analizzano gli errori di misura ai quali si può andare incontro. Le considerazioni esposte sono state verificate con un circuito realizzato per un frequenzimetro fra 40 e 60 p/s con uno Zener da 7 V, raddrizzatori al silicio e un microamperometro a zero centrale da  $\pm 50 \mu A$ . Viene poi presentato il procedimento per il progetto di massima di un frequenzimetro del tipo descritto valutando quantitativamente gli errori singoli e il massimo errore totale possibile che risulta di  $5 \times 10^{-4}$ . N.

E. Giuffrida - R. Marenesi — **Il comportamento dei contatori a induzione nell'integrazione di carichi impulsivi.** (L'En. Elettr., dicembre 1959, p. 1104 a 1121, con 21 fig.). 28 e

Nelle utenze di energia elettrica si fanno sempre più frequenti carichi nei quali il prelievo avviene sotto forma di impulsi di breve durata e con elevata frequenza di ripartizione, come nel caso di saldatrici a resistenza ecc. Tali carichi presentano problemi particolari per la misura e la tarifficazione della energia. Gli AA. considerano in particolare il caso di un carico costituito da un impianto di più saldatrici a resistenza; le intensità di corrente istantanee possono raggiungere valori pari a 5 e 6 volte quelle nominali dell'impianto e quindi del contatore. Inoltre le saldatrici, quando non hanno inserzione sincrona, generano elevate componenti unidirezionali di corrente, mentre la regolazione elettronica della tensione causa deformazioni nella corrente. Gli AA. svolgono ampie considerazioni teoriche sul comportamento dei contatori a induzione nei riguardi di un carico di tal genere, svolgendo la teoria in modo generale indipendentemente dai valori assunti dalla corrente, dal  $\cos \varphi$ , dal periodo e dal rapporto di intermittenza. Vengono elaborate le formule per il calcolo dell'errore del contatore sia in assenza sia in presenza di un carico base, e mettendo anche in evidenza l'influenza della componente unidirezionale della corrente. Sono esposti i criteri per determinare sperimentalmente i coefficienti contenuti nelle formule stesse e sono riportati i risultati di prova eseguiti per confermare la teoria esposta. Nel complesso risulta possibile, con le formule esposte valutare l'ordine di grandezza dell'errore che un contatore commette in qualsiasi condizione di carico: nella maggior parte dei casi della pratica, in presenza di carico base, l'errore risultante si limita a valori molto modesti. Per limitare l'errore dovuto ai carichi intermittenti bisognerebbe costruire i contatori in modo da ridurre l'effetto frenante ampermetrico; a pari coppia motrice occorrerebbe ridurre il flusso ampermetrico e aumentare quello voltmetrico. N.

## MOTORI E GENERATORI A INDUZIONE

R. L. Naren — **Caratteristiche d'accelerazione dei motori a gabbia.** (West. Eng., marzo 1960, pag. 41 a 43, con 7 fig.). 29 c

Durante la fase d'accelerazione la potenza trasmessa al rotore si trasforma in calore nella gabbia, provocando un riscaldamento delle barre e dei due anelli frontali. Una temperatura calcolata per le barre di  $200^\circ C$  non è eccessiva, purché l'avviamento sia abbastanza rapido, mentre per gli anelli è tollerato solo un riscaldamento fino a  $40$  e  $60^\circ C$ ; un riscaldamento eccessivo degli anelli potrebbe compromettere le giunzioni con le barre, cioè i punti deboli delle gabbie. La durata del periodo d'avviamento e quindi la temperatura del rame, in un motore asincrono a gabbia, dipende molto dalle caratteristiche del carico applicato e dall'inerzia meccanica degli organi comandati; se questa, in particolare, è compresa fra 5 e 10 volte quella del rotore non si ha alcun effetto di riscaldamento eccessivo, purché il carico applicato abbia un valore basso all'avviamento ed in seguito crescente, come in un comune ventilatore. In tali casi l'avviamento del motore può compiersi in un periodo da 9 a 14 s; però anche con un tempo d'avviamento di 30 s il motore non viene danneggiato. Qualche volta l'avviamento viene prolungato volutamente onde evitare urti meccanici negli organi di collegamento del rotore al carico, in tal caso il motore viene costruito appositamente per dare un avviamento dolce, specialmente se destinato a comandare trasportatori a nastro con grande inerzia propria. I.L.



## MOTORI PRIMI

L. Greco — **Una nuova caldaia Velox in una centrale urbana di riscaldamento.** (Rev. B. B., luglio 1959, pag. 371 a 380, con 11 fig.). 30 d

Si tratta della centrale del Servizio Elettricità di Basilea; essa contiene una caldaia Velox capace di produrre 32 t/ora di vapore a 45 kg/cm<sup>2</sup> e 460 °C essendo alimentata con acqua a 105 ÷ 120 °C; il vapore prodotto viene espanso in una turbina fino a 12 kg/cm<sup>2</sup> producendo una potenza di 1 800 kW, e viene poi immesso nella rete urbana di riscaldamento che funziona appunto a 12 kg/cm<sup>2</sup>. La caldaia, dato il limitato ingombro, ha potuto essere installata nella sala macchine, accanto al gruppo turboalternatore; essa è sostenuta da una semplice armatura metallica poggiante su una soletta di calcestruzzo posata sul terreno. La camera di combustione, il fascio vaporizzatore, il surriscaldatore e il bollitore di regolazione sono contenuti in un involucro comune che riduce le perdite di calore. Il compressore d'aria è installato a fianco, sul pavimento della sala macchine. L'economizzatore, posto alla base del camino è collegato con lo scarico della turbina a gas. I servizi ausiliari sono installati nel seminterrato e sono facilmente accessibili. La caldaia è entrata in funzione alla fine del 1958, in servizio normale per 18 ore al giorno; il rendimento massimo si è rivelato di oltre 92 % e si mantiene superiore a 91 % per tutti i carichi fra 15 e 110 % del normale. La costruzione della caldaia differisce in parecchi particolari da quella delle precedenti caldaie Velox. Sono stati introdotti vari perfezionamenti resi possibili dai progressi tecnici; fra l'altro, con la nuova caldaia è possibile fare uso di nafte pesanti. La potenza della turbina a gas è superiore a quanto occorre per la compressione dell'aria e poichè l'impianto comprende un gruppo Leonard accoppiato al compressore è possibile trasformare l'energia esuberante in energia elettrica. N.

## RADIOTECNICA

J. Verweel - G. H. Plantinga — **Una serie di magnetron a impulsi, a catodo L, per onde centimetriche e millimetriche.** (Rev. Philips, Tomo XXI, n. 1, pag. 1 a 10, con 7 fig.). 34 b

Negli ultimi anni lo sviluppo dei magnetron si è rivolto specialmente ai seguenti punti: produzione di impulsi di grande potenza; ottenimento di onde più brevi possibile; ampliamento della gamma di accordo; ottenimento di una elevata potenza continua con rendimento più elevato possibile. Gli AA. descrivono una serie di magnetron per lunghezze di onda di circa 32 - 12 - 8 e 4 mm e potenza massima rispettivamente di 1 100 - 70 - 80 - 40 kW. I 4 magnetron sono geometricamente simili e differiscono soltanto in qualche particolare. Si può ritenere valida la legge di similitudine secondo la quale la lunghezza d'onda è all'incirca direttamente proporzionale alle dimensioni lineari mentre il campo magnetico è inversamente proporzionale ad esse e per eguale tensione anodica e eguale intensità di corrente anodica viene generata una eguale potenza. Tuttavia passando a onde sempre più piccole si manifestano certe differenze in seguito, fra l'altro, del crescere della resistenza ad alta frequenza, della limitazione tecnica del campo magnetico e dell'emissione dal catodo. Costruttivamente il sistema anodico di questi tubi è del tipo così detto « rising sun ». Il catodo è del tipo L a montaggio assiale. Gli AA. descrivono alcuni particolari costruttivi dei magnetron per onde di 32 e di 4 mm. Il primo è progettato per una potenza media rilevante, di 900 W, ciò che ha reso necessari particolari accorgimenti per l'evacuazione del calore; il magnetron per 4 mm di lunghezza d'onda, in causa delle sue piccole dimensioni ha richiesto un montaggio speciale per il catodo. Sono riportati risultati di misure che confermano la validità della succitata legge di similitudine. Prove di durata sui tubi per onde di 32 - 12 e 8 mm hanno messe in evidenza che la potenza si era ridotta del 15 % rispettivamente dopo 238 - 700 - 1 488 ore. N.

J. P. M. Gieles - G. Andrieux — **Un amplificatore a larga banda con potenza di uscita di 10 W alla frequenza di 4 000 MHz.** (Rev. Philips, Tomo XXI, n. 2, pag. 77 a 83, con 9 fig.). 34 d

Gli AA. descrivono un amplificatore che utilizza il triodo EC59 a dischi saldati. L'amplificatore, che può essere impiegato nella gamma di frequenza di 3 800 a 4 200 MHz, è deri-

vato da un altro amplificatore precedentemente descritto (vedi « L'Elett. », 1958, pag. 153 b) che impiegava il triodo EC157. In causa delle diversità esistenti fra i due triodi è stato necessario apportare al precedente amplificatore alcune modifiche per permettere l'applicazione del tubo termoionico tanto dal lato delle guide d'onda d'entrata che da quello delle guide d'onda di uscita. Inoltre la necessità di raffreddare il tubo a circolazione d'acqua ha reso necessarie altre modificazioni costruttive. La potenza erogata dalla sorgente di alimentazione al tubo EC59 è di 125 W mentre la superficie dell'anodo è di 12 mm<sup>2</sup>; con una circolazione d'acqua di 0,5 l/min si è riusciti a dissipare fino a 300 W; il conduttore interno del sistema coassiale di uscita è cavo e serve all'evacuazione dell'acqua di raffreddamento che a sua volta viene addotta alla superficie dell'anodo da un sottile tubetto contenuto entro il conduttore stesso; per impedire corrosioni di natura elettrolitica l'acqua viene fatta passare attraverso un blocco di anticorrosione portato alla stessa tensione dell'anodo. Il guadagno dell'amplificatore è di 8,6 dB per una potenza di uscita di 10 W e una larghezza di banda di 100 MHz; tuttavia si può ottenere una potenza di 15 W senza che ne derivi un sovraccarico della griglia. Per ottenere una maggiore potenza di uscita si può, quando occorre, montare 2 amplificatori in parallelo. Nella gamma di frequenze considerate le variazioni dei tempi di trasmissione di gruppo sono piccolissime e altrettanto si può dire per le variazioni di fase dovute alle variazioni di ampiezza del segnale. N.

J. M. G. Seppen - J. Verstraten — **Un impianto radar a lunghezza d'onda di 8 mm.** (Rev. Philips, Tomo 21, n. 2, pag. 41 a 54, con 16 fig.). 34 m

Negli impianti radar per servizio alla navigazione si usano ormai correntemente lunghezze d'onda di 3 a 10 cm; ma quando si voglia ottenere un servizio radar a breve distanza è difficile ottenere un elevato potere separatore usando tali onde e bisogna ricorrere a lunghezze d'onda minori. Gli AA. descrivono un impianto radar per lunghezza d'onda di 8,6 mm studiato per servizio della navigazione nei porti o in canali di limitata larghezza ecc. o anche per servizio negli aeroporti. Gli AA. ricordano anzitutto i principi su cui si fonda l'impiego dei radar e discutono poi l'influenza della lunghezza d'onda nei riguardi della portata e del potere separatore di un radar anche in relazione alle condizioni atmosferiche. A questo riguardo si rileva che l'attenuazione minima per km con l'onda di 8,6 mm è più grande che con onde di maggiore lunghezza ma ciò non è un inconveniente perchè il dispositivo radar descritto è destinato a impiego per piccole distanze sulle quali l'attenuazione totale è ancora debole. Gli AA. descrivono la costituzione dell'apparecchio radar ad onde di 8,6 mm esponendo i criteri seguiti nella scelta delle diverse grandezze considerate. La larghezza dal fascio orizzontale è stata scelta di 0,3°, la durata di impulso 0,02 µs, la frequenza di ripetizione degli impulsi 5 000/s. Le antenne sono due riflettori parabolici disposti in modo da avere una piccolissima diafonia; l'antenna ruota a 40 giri/min. Lo schermo panoramico ha un diametro di 30 cm. Nello studio del modulatore si è prestata particolare attenzione alle capacità parassite che si sono rese le più piccole possibili perchè, data la brevità della durata d'impulso, possono provocare perdite relativamente elevate in confronto alla potenza assorbita dal magnetron. Nella parte video è inserito un correttore di impulsi per ottenere una buona forma di essi. N.

K. Fischer - P. Wüsthoff — **La stazione radio-ricevente del servizio meteorologico tedesco di Offenbach.** (E.T.Z. (B), 22 febbraio 1960, pag. 78 a 82, con 8 fig.). 34 v

In molte parti del mondo la trasmissione dei dati meteorologici si fa ancora coll'alfabeto Morse, via radio a onde lunghe o corte, oppure si usano telecriventi ed apparecchi per foto a distanza (fac-simile). Il centro di Offenbach del Servizio meteorologico tedesco è pertanto equipaggiato con dispositivi atti allo scambio dei dati coi predetti sistemi. Per la ricezione via radio, esso è dotato di una centrale con telecriventi e apparecchi Morse e « fac-simile »: tre antenne per onde corte e due per onde lunghe alimentano, attraverso un impianto di ripartizione elettronico, 25 ricevitori. Poichè la stazione si trova in città, è stata particolarmente esaminata l'intensità del ronzio-disturbo esterno. Con speciale schermatura dell'impianto è stato ottenuto che nessun disturbo, che si verifichi nell'interno dell'edificio in apparecchi elettrici, specialmente negli impianti telefonici, possa ostacolare la ricezione. Tt.



W. Stanner — **Impianti e risultati della radioastronomia.** (E.T.Z. (B), 22 febbraio 1960, pag. 83 a 87, con 5 fig.). 34 v

Originariamente il radar, per i servizi di ricerca, veniva impiegato solo per individuazione di oggetti in mare e nell'aria; per caso si riuscì con gli stessi impianti a ricevere radiazioni cosmiche: esse sono caratterizzate, come è noto, da altissima frequenza. In seguito a tale scoperta, si è avuto uno straordinario sviluppo di impianti radioastronomici. L'A. informa sui più importanti risultati delle ricerche effettuate in questo campo e descrive alcuni impianti importanti. Necessitano per essi antenne di grande estensione nonché ricevitori assai sensibili. Tutti gli astri visibili del cosmo sono divenuti altrettanti obiettivi di esplorazione con la radioastronomia. In tal modo è stata confermata la conformazione del sistema solare, della Via Lattea e delle Galassie; ne sono stati determinati anche alcuni elementi particolari di notevole rilievo. Tt.

## TELEFONIA, TELEGRAFIA E TELEVISIONE

W. Neu — **Sistemi di comunicazione di elevata capacità.** (A.S.E., 12 marzo 1960, pag. 205 a 212, con 9 fig.). 38 a

Vengono richiamati i sistemi attuali di telecomunicazioni, come cavi coassiali, ponti-radio e conduttori a onde convogliate, che consentono di trasmettere simultaneamente migliaia di comunicazioni telefoniche o alcune immagini di televisione. L'A. descrive innanzi tutto l'evoluzione della tecnica dei cavi e dei ponti-radio e indica poi le nuove possibilità, che si offrono, soprattutto col sistema delle onde convogliate. Viene accennato al sistema della modulazione codificata: il principio consiste nel fatto che la tensione-segnale da trasmettere viene misurata ad intervalli regolari e il valore ricavato viene rappresentato con un certo numero di impulsi in base ad un dato codice. La successione si può fare secondo un sistema duale, di guisa che ogni impulso rappresenta una cifra duale. Gli impulsi trasmessi vengono poi nel ricevitore convertiti di nuovo in valori di tensione e così si riottiene approssimativamente il segnale originario. La frequenza, con cui vengono prese le prove di tensione, deve essere di poco superiore al doppio della massima frequenza da trasmettere. Questo metodo (PCM) non è invero un nuovo mezzo di trasmissione, ma solo un elemento ausiliario, che apre nuove possibilità alla tecnica della trasmissione. Dapprincipio si riteneva di poterlo applicare soprattutto ai sistemi a onde convogliate, ma ora appare possibile servirsi di esso anche per metodi convenzionali, come coppie di conduttori, cavi coassiali e forse anche nei ponti-radio. L'A. illustra l'esposizione con un esempio di trasmissione in modulazione codificata di un segnale di televisione. Tt.

U. Kirschner — **Dalla storia del cavo atlantico.** (E.T.Z. (B), 11 gennaio 1960, pag. 10 a 14, con 4 fig.). 38 v

Alla fine di settembre 1959 fu posto in esercizio il secondo cavo atlantico a frequenza portante, mentre il primo aveva iniziato a funzionare nell'autunno 1956. La necessità del secondo cavo è da attribuire al forte incremento delle telecomunicazioni tra Europa ed America nonché al fatto che i radiocollegamenti più non bastano, a cagione della mancanza di frequenze disponibili e per i numerosi disturbi cui le radio-comunicazioni soggiacciono. È da notare che l'ultima conferenza del Commonwealth, tenuta a Montreal, ha deciso, nel corso di 10 anni, di installare un cavo oceanico tutto intorno al globo per una lunghezza di 58 000 km e con una spesa di 88 milioni di sterline. Verrà così realizzata una rete di cavi a frequenza portante circa 100 anni dopo la posa del primo cavo telegrafico atlantico. A questo riguardo l'A. passa in rassegna lo sviluppo avvenuto in un secolo nella realizzazione di cavi telegrafici a partire dall'isolamento degli stessi in gutta-perca e dalle prime protezioni meccaniche. Vengono ricordate pure le prime esperienze d'esercizio e viene illustrata la tecnica della posa dei primi cavi. L'A. si diffonde sull'impianto del primo cavo, la iniziativa per la posa del quale risale ai fratelli Field di New York, che nel 1854 assunsero le prime informazioni circa le profondità oceaniche da superare. Viene ricordato anche che tale posa ebbe a subire un insuccesso per lo strappamento del cavo a bordo della nave « Agamennone »; nel 1858 fu fatto un nuovo tentativo, che riuscì, dopo il superamento di diverse difficoltà di guisa che nell'agosto 1858 fu iniziato il servizio. Però il 3 settembre il cavo cessò di funzionare per un guasto e solo nel 1865/66,

grazie all'esperienza guadagnata nel precedente tentativo, si poté realizzare un impianto, che funzionò poi regolarmente. Tt.

## TRASFORMATORI

B. Hochart — **Evoluzione e progressi recenti nella costruzione di trasformatori di potenza e di misura e nella costruzione dei condensatori.** (Bull. Soc. Franç. Elec., febbraio 1960, pag. 72 a 81, con 21 fig.). 39 a

L'A. riassume in un diagramma l'aumento progressivo della potenza unitaria dei trasformatori costruiti in Francia: nel 1959 fu costruita una unità da 200 MVA e nel 1960 ne entrerà in servizio una da 312 MVA; mette in evidenza le difficoltà inerenti al trasporto di queste grandi unità e gli artifici a tale scopo adottati. Per facilitare le manovre di montaggio e di estrazione si sono studiati due nuovi tipi di cassoni: il cassone a campana, con il quale il peso da sollevare per mettere allo scoperto la parte attiva è molto ridotto; il cassone a tunnel sul quale la parte attiva può essere fatta scorrere fuori dal cassone senza sollevarlo. Per grandi trasformatori tende a generalizzarsi il sistema di raffreddamento con circolazione forzata dell'olio in refrigeranti esterni; si tende pure ad aumentare il numero dei canali di circolazione dell'olio nel circuito magnetico e negli avvolgimenti e forzando la circolazione stessa con vari sistemi. Con l'impiego di scaricatori perfezionati è stato possibile ridurre il livello di isolamento per i trasformatori ad alta tensione e corrispondentemente ridurre il costo. Per gli autotrasformatori della rete francese a 380 kV la tensione di prova a frequenza industriale è stata ridotta a 630 kV e quella alle onde di impulso a 450 kV. Per questi trasformatori ad altissima tensione si sono adottati particolari accorgimenti costruttivi per ottenere una distribuzione iniziale la più lineare possibile nel caso di onde di tensione. Vengono poi accennati i perfezionamenti costruttivi raggiunti per i condensatori da installare su linee di trasporto di energia, e per i condensatori divisori di tensione. Per i trasformatori di misura sono ricordati due perfezionamenti: impiego di lamierini a cristalli orientati e isolamento solido in resine epossidi o poliesteri. N.

P. Ignác — **Determinazione delle forze di corto circuito in avvolgimenti di trasformatori.** (E.T.Z. (A), 11 dicembre 1959, pag. 844 a 850, con 12 fig.). 39 b

La crescente potenza di corto circuito delle reti e l'aumento corrispondente della potenza dei diversi tipi di trasformatori ha portato in primo piano il problema della sicurezza contro corti circuiti. L'A. indica un processo di facile impiego e di uso generale per la determinazione precisa delle forze di corto circuito nelle bobine di trasformatori. Di tale processo di calcolo vengono indicati i fondamenti e viene poi mostrata l'esecuzione pratica. Il calcolo si effettua per bobine; da esso si rileva che le estremità dell'avvolgimento risultano maggiormente sollecitate e perciò esse devono essere rinforzate e amarrate. Le misure confermano i risultati teorici ottenuti col calcolo. Le condizioni effettive possono poi essere stabilite solo con prove di corto circuito, eseguite con corrente nominale. Ma per il controllo dei risultati occorre disporre degli elementi forniti dal calcolo. Tt.

H. P. Moser — **Essiccazione e deaereazione degli isolanti usati in trasformatori per alte tensioni.** (E.T.Z. (A), 18 gennaio 1960, pag. 41 a 46, con 14 fig.). 39 b

La rigidità dielettrica della carta impregnata e del presspan, usati per l'isolamento di trasformatori, dipendono dal contenuto di umidità e di gas. Per accrescere la sicurezza di funzionamento di tali trasformatori, si deve procedere all'essiccazione degli isolanti, così che la carta non contenga più di alcuni millesimi in peso di acqua dell'isolante stesso e l'olio non più di alcuni grammi d'acqua per tonnellata; inoltre l'impregnazione della carta deve effettuarsi in alto vuoto. Una prima essiccazione, dal 10 all'1% di contenuto d'acqua, rispetto al peso dell'isolante, si può ottenere con aria riscaldata da 80 a 100 °C, o più rapidamente, nel vuoto a 60 °C. Il successivo essiccamento, sino a raggiungere un contenuto del solo 10<sup>-3</sup>, si può effettuare solo in alto vuoto tra 10<sup>-1</sup> e 10<sup>-2</sup> Torr a 60 °C. Si sono poi studiati diversi processi per impedire un successivo riassorbimento di umidità e di gas da parte degli isolanti. D'altra parte i processi di essiccazione possono essere anche successivamente ripetuti. Tt.



**A. Melchinger — Controllo dei problemi di riscaldamento e corto circuito in grossi trasformatori.** (E.T.Z. (A), 18 gennaio 1960, pag. 47 a 52, con 7 fig.). 39 b

Nei grossi trasformatori è essenziale una conoscenza precisa dell'andamento del riscaldamento in relazione alla determinazione delle condizioni di sovraccaricabilità: si devono inoltre controllare tutti i fenomeni, che si verificano nel caso di corti circuiti. Invero la durata di un'unità dipende particolarmente dalla sollecitazione termica degli isolanti. In base alla regola di Montsinger, per ogni 8 °C di aumento di temperatura, si ha un dimezzamento della resistenza alla perforazione degli isolanti. Si deve perciò controllare che, nell'interno del trasformatore, non vengano superate le sovra-temperature consentite e che non si verifichino sovrariscaldamenti locali. Tali sovrasollecitazioni termiche abbassano poi la resistenza dell'unità ai corti circuiti, in quanto l'isolante così riscaldato non può più far fronte alle sollecitazioni meccaniche, che si hanno nei corti circuiti. Inoltre in questi si devono mantenere efficaci le forze di tensioni meccaniche interne. Perciò si devono usare, per la costruzione delle unità, adatte materie prime, il cui trattamento preliminare è essenziale per la buona riuscita del trasformatore. Tt.

**A. Goldstein — Nuove vie nella costruzione di nuclei per trasformatori.** (E.T.Z. (A), 18 gennaio 1960, pag. 53 a 59, con 17 fig.). 53 b

La riduzione delle perdite nel ferro nei trasformatori viene ottenuta, oltre che con l'impiego di lamierini con perdite minime, anche con l'adozione di nuovi tipi di nuclei: a questo riguardo l'A. descrive intelaiature di nuclei senza bulloni, con lamierini di tipo normale, disposti parallelamente; questi vengono poi confrontati col comportamento di unità monofasi con colonne su lamierini disposti radialmente, dotate di gioghi a C di chiusura del circuito magnetico. Viene anche considerato un nuovo tipo di nucleo con colonne rotonde, disposte secondo i vertici di un triangolo con gioghi avvolti. Viene così mostrato che il volume relativo del nucleo influenza sfavorevolmente le perdite nel ferro risultanti, con direzione del flusso magnetico scostantesi dalla direzione di laminazione, mentre le due più recenti forme costruttive del nucleo, prima indicate, sono, sotto questo riguardo, particolarmente vantaggiose. Tt.

**F. Hengelhaupt — Calcolo per scopo di progetto di trasformatori con nucleo per media frequenza.** (Elektrie, marzo 1960, pag. 82 a 88, con 6 fig.). 39 b

I trasformatori per media frequenza si usano negli impianti di elettroriscaldamento ad induzione. L'A. espone i criteri generali per una loro costruzione razionale e indica i dati di partenza per il loro calcolo. Viene poi mostrato come si deducano le condizioni per un trasformatore con rendimento massimo, per quanto riguarda le perdite sia nel ferro sia nel rame. Vengono poi esposte le costituzioni delle costanti delle due forme costruttive usate. Da ultimo viene considerata la tensione di dispersione del trasformatore e ne viene indicato il rendimento. Vengono esposti anche i risultati di un esempio di calcolo. Tt.

**H. C. Dittberner — Apparecchiature per la regolazione con trasformatori.** (E.T.Z. (A), 28 marzo 1960, pag. 269 a 274, con 13 fig.). 39 c

Per il mantenimento della tensione d'uscita di trasformatori-regolatori con interruttori sotto carico, si devono impiegare speciali dispositivi di regolazione; in pratica sono disponibili diversi tipi di apparecchiature. Invero le cadute di tensione nelle reti di trasmissione dipendono dal carico e si compensano con trasformatori di regolazione manovrabili sotto carico. La regolarità di tali unità dipende dalle caratteristiche dell'interruttore a gradini, più spesso incorporato nel trasformatore, dal tipo di comando di regolazione e dalle sue caratteristiche di manovra. Di qui si possono derivare i requisiti circa la composizione e il modo di funzionamento del regolatore. L'A. descrive alcuni tipi di apparecchiature realizzati e ne espone il modo di funzionamento: in particolare vengono citate un'apparecchiatura con dispositivo di misura a campo rotante Ferraris, un'altra con dispositivo di misura a bobina mobile ed un'ultima con amplificatore magnetico. Tt.

## TRASMISSIONE E DISTRIBUZIONE

**H. Schulze — Sollecitazione degli interruttori nel caso di corto circuito a distanza.** (Elektrie, gennaio 1960, pag. 30 a 32, con 2 fig.). 40 d

Di solito gli interruttori devono intervenire per corti circuiti lontani, nel qual caso le ripidità iniziali delle tensioni, che stabiliscono la potenza limite di rottura dell'interruttore, sono maggiori che non nel caso di corti circuiti vicini. Ciò porta talvolta al mancato intervento di qualche apparecchio. L'A. analizza come si manifestano tali tensioni di corto circuito, che si verificano sia nella rete di alimentazione sino all'interruttore sia nella linea interrotta dall'interruttore sino al punto di corto circuito. La tensione di oscillazione ai morsetti dell'interruttore è in ogni istante pari alla differenza tra la tensione nella rete di alimentazione e quella contemporanea nella parte della conduttura oltre l'apparecchio. Per determinare la sollecitazione, che si ha in questo caso all'interruttore, l'A. si riferisce agli studi di Poward, pubblicati nel 1958 nel Bollettino della Soc. Française des Electriciens: a questo riguardo viene esaminato il caso di rete bifase nonchè quello di rete trifase. Viene poi considerato il « fattore di gravosità » per l'interruzione della « zona pericolosa ». Il problema non ha praticamente importanza per i cavi per la minore velocità di propagazione in essi della tensione. In reti a media tensione le correnti di corto circuito sono in generale più elevate e il numero dei corti circuiti di solito maggiore. Le maggiori sollecitazioni si hanno in interruttori di linee aeree da 50 a 60 kV. Tt.

**W. Dotzenrath — Un nuovo selettore di corto circuito a terra per la ricerca di tronchi di linee aeree e di cavi messi a terra.** (E.T.Z. (B), 11 gennaio 1960, pag. 1 a 4, con 10 fig.). 40 d

Si incontrano spesso notevoli difficoltà nella ricerca di parti di linee e cavi di reti di distribuzione ad alta tensione, che siano andati a terra. Il selettore descritto consente di individuare i punti di corto circuito, senza dover interrompere l'esercizio della rete colpita. L'A. espone innanzi tutto i fondamenti teorici, su cui si basa il dispositivo, e ne descrive poi il funzionamento, spiegato anche per mezzo di diversi esempi. Infine viene illustrato il dispositivo stesso e viene poi accennato alla possibilità di semplificare il servizio con l'installazione di riduttori nei diversi punti di confluenza dei cavi: dal lato secondario di ogni riduttore viene dedotta una conduttura sino al selettore. Nel caso di corto circuito a terra, vengono esplorati automaticamente i diversi riduttori, uno dopo l'altro, in base alla grandezza della tensione relativa alla corrente di corto circuito e alla posizione di fase. In tal modo può essere localizzato il punto di corto circuito. Tt.

**G. Boll — Problemi di regolazione nell'esercizio interconnesso.** (E.T.Z. (A), 29 febbraio 1960, pag. 154 a 162, con 9 fig.). 40 f

L'esercizio interconnesso ha una straordinaria importanza come base della distribuzione di energia elettrica nell'Europa Occidentale e perciò ricevono sempre maggiore attenzione la regolazione di frequenza e di potenza attiva. Anche la regolazione della tensione e della potenza reattiva hanno molta importanza per l'esercizio di reti singole e per la realizzazione di un servizio inappuntabile. L'A. tratta delle singolarità, che si presentano nei problemi di regolazione della frequenza e della potenza attiva da un lato, e della tensione e della potenza reattiva dall'altro. Viene particolarmente rilevata l'importanza della stabilità di rete e del fattore di potenza per la regolazione di frequenza e vengono messe in evidenza le esigenze da soddisfare per governare la potenza trasmessa e per regolare la tensione e la potenza reattiva. Viene accennato ai mezzi di regolazione impiegati per questo scopo. Tt.

**H. Stühlen — Esigenze delle reti nella regolazione di centrali termiche nel caso di regolazione della frequenza e della potenza attiva.** (E.T.Z. (A), 29 febbraio 1960, pag. 162 a 168, con 27 fig.). 40 f

L'A. esamina come possono essere fronteggiate le variazioni di carico in una rete, sia con centrali idroelettriche con serbatoi di accumulo a mezzo di pompe sia con centrali termiche a contropressione di carattere industriale, e fa un quadro riassuntivo delle condizioni attuali di una rete elettrica. Invero in una rete di un'impresa elettrica, con carichi

Per il cambio di indirizzo inviare L. 150 unitamente alla fascetta vecchia



di carattere misto, si possono verificare variazioni di potenza nella misura sino al 4 % al minuto, diverse in tendenza ascendente o in diminuzione, in quanto nel primo caso raggiungono valori sino al 2 %, mentre nel secondo caso possono arrivare al 4 %. Le maggiori velocità nelle variazioni di potenza sono connesse con le maggiori entità delle stesse. Nel caso di diminuzione, esse si hanno quando le macchine lavorano al massimo carico, quindi in generale esse sono connesse con una riduzione di carico delle centrali. Alla curva di carico fondamentale di una rete sono pertanto sovrapposte rapide pendolazioni di potenza, la cui frequenza oscilla tra alcuni secondi e parecchi minuti. L'influsso di tali pendolazioni sulla frequenza della rete non è direttamente avvertibile. Nei punti di collegamento tra reti di diverse imprese elettriche si rilevano invece tali irregolarità come grandi o piccole pendolazioni di potenza da una rete all'altra. Per le macchine di una rete si hanno perciò le seguenti esigenze: la velocità di variazione della potenza di gruppi-turbo deve potersi attuare tra il 75 e il 100 % in almeno dal 2 al 3% per minuto; le macchine devono poter regolare pendolazioni di potenza sino a  $\pm 8\%$  con velocità 2 %/s; i regolatori devono essere assai sensibili e con minima inerzia; tali valori devono essere raggiungibili con condizioni di vapore normali, senza alcuna limitazione. Tt.

**M. Engl — Esigenze delle reti nella regolazione di centrali idroelettriche nel caso di regolazione della frequenza e della potenza attiva.** (E.T.Z. (A), 29 febbraio 1960, pag. 168 a 175, con 13 fig.). 40 f

In questi ultimi tempi si è costituita una vasta rete interconnessa, fra centrali termiche e idrauliche, attuata nel quadro dell'UCPTE — Union pour la Coordination de la Production et du Transport de l'Electricité — realizzata fra i Paesi del Benelux, la Germania, la Francia, l'Italia, l'Austria e la Svizzera. Sono così 35 000 MW interconnessi, di cui dal 20 al 50 %, a seconda delle stagioni e delle annate, di potenza idraulica. Per la regolazione stanno in questo caso in prima linea le centrali idroelettriche con serbatoi di accumulo. L'A. esamina i diversi tipi di centrali, che lavorano interconnesse, ed espone poi i criteri perchè una centrale idroelettrica possa funzionare come regolatrice. Per le centrali adatte si richiedono particolari caratteristiche da parte dei regolatori delle turbine in esse installate. A questo riguardo, circa le esigenze della regolazione automatica, si sono fatte prove nella rete bavarese: si è determinata così un'oscillazione della frequenza del carico nella misura del 3,4 %. Viene ricordato come in questi casi non si prestì il freno ad olio per scopi di regolazione; esso può essere usato solo per sincronizzazione o per distacco di una macchina dalla rete. L'A. accenna anche alla possibilità di impiego di regolatori elettrici per le turbine. Tt.

**M. Erich — Esigenze delle reti nella regolazione di tensione e potenza reattiva.** (E.T.Z. (A), 29 febbraio 1960, pag. 176 a 181, con 13 fig.). 40 f

Di particolare importanza per l'esercizio interconnesso di reti è la costanza della tensione, che si ripercuote particolarmente sulla bontà del servizio verso le utenze. L'A. si propone appunto di trattare di quei mezzi ausiliari, in base ai quali è possibile mantenere la tensione entro determinati limiti, indipendentemente dal carico. Vengono analizzate le esigenze, che devono essere soddisfatte per il mantenimento della costanza della tensione, e ciò per reti di trasmissione e di distribuzione. Vengono poi considerate le cause e l'entità delle cadute di tensione sia in rete ad alta tensione sia in rete a media tensione sia in rete di distribuzione. Circa i mezzi per il mantenimento della tensione, viene accennato all'impiego di trasformatori di regolazione. Risulta che il problema è in generale di carattere statico e non dinamico ed essenzialmente una questione di una compensazione di corrente reattiva. Perciò con l'uso di regolatori relativamente semplici, si possono mantenere tensioni abbastanza costanti nella rete di distribuzione. Le difficoltà si incontrano nel mantenimento della tensione nelle reti a bassa tensione; ma qui, più che di un problema tecnico, si tratta di una questione economica. Tt.

**W. Friedewald - P. Mörk - H. Zwetz — Inserimento di centrali termiche a vapore nelle reti per scopo di regolazione.** (E.T.Z. (A), 14 marzo 1960, pag. 185 a 193, con 11 fig.). 40 f

Nella regolazione automatica della potenza di centrali termiche a vapore, si presentano diversi problemi, che riguardano specialmente gli effetti sulle turbine e sulle caldaie. Gli AA. mettono in evidenza che in Germania va sempre aumentando la produzione termica, rispetto a quella idraulica, e che perciò in avvenire anche le centrali termiche a vapore dovranno contribuire al mantenimento della frequenza. Vengono ricordate le grandezze caratteristiche, che entrano in linea di conto per la regolazione, e viene considerata in particolare la regolazione delle turbine e delle caldaie. Gli AA. concludono mostrando che le esigenze oggi esistenti per le reti possono essere pienamente soddisfatte da parte delle moderne centrali termiche a vapore. Tt.

**E. Krochmann — Questioni fondamentali circa la regolazione di tensione e di potenza reattiva.** (E.T.Z. (A), 28 marzo 1960, pag. 221 a 227, con 11 fig.). 40 f

L'argomento della regolazione indicata viene trattato come un tutto: invero qui si presentano minori problemi che non, ad esempio, nella regolazione di frequenza o di potenza attiva, soprattutto per il fatto che in questo caso la produzione di energia esercita un influsso con tutte le sue inerzie e complicazioni. Le difficoltà della regolazione di tensione sono date, ad esempio, da minori costanti del tempo di accumulo nella rete e dall'influsso svantaggioso della dispersione nei generatori. Un comportamento fortemente non lineare, nel campo della regolazione dinamica, di un generatore sincrono richiede, nel caso di grossi disturbi dell'equilibrio di regolazione, un trattamento con calcolatrici elettroniche. Dopo un breve accenno al sistema generatore-rete-utente, l'A. si sofferma sul comportamento dei generatori sincroni durante la regolazione di tensione. Le ricerche effettuate si riferiscono esclusivamente a impianti con dispositivi di eccitazione controllati, che attualmente si impiegano solo per grandi unità. In particolare l'A. esamina il generatore sincrono come elemento di regolazione, l'influsso di variazioni della tensione di campo, di variazioni della tensione di rete nonché della coppia motrice del motore primo. L'A. tratta infine dei criteri tecnici per la realizzazione di dispositivi di regolazione. Tt.

**H. Langer — Impiego del trasformatore come elemento di regolazione.** (E.T.Z. (A), 28 marzo 1960, pag. 262 a 269, con 11 fig.). 40 f

Oltre al normale compito svolto dai trasformatori, si presenta anche quello della regolazione, nell'esercizio di reti interconnesse, per mezzo di accoppiamento della potenza reattiva con la tensione. Invero, a cagione delle reattanze presenti nelle reti, compito di ogni singola rete è quello del mantenimento della tensione; e poichè questa è connessa con la potenza reattiva di una rete, si può dedurre il comportamento di un trasformatore, nei riguardi della regolazione, dalla caratteristica tensione-potenza reattiva della rete. Cattive condizioni di tensione non possono essere compensate con trasformatori con ampio campo di regolazione; invece in tali casi conviene innanzi tutto elevare il livello di tensione mediante alimentazione con energia reattiva. Per la regolazione sotto carico, per poter regolare la tensione entro limiti di non oltre  $\pm 15\%$ , si impiegano sistemi di regolatori a gradini con resistenze di inserzione. Sono stati sinora realizzati dispositivi tripolari per tensioni sino a 220 kV e correnti nominali sino a 1 500 A, ed unità unipolari sino a uguale tensione e 2 000 A. Tt.

**F. Maier — Soluzioni, basate sull'impiego di opportuni apparecchi, nell'ambito della regolazione di reti interconnesse.** (E.T.Z. (A), 14 marzo 1960, pag. 209 a 218, con 22 fig.). 40 g

La regolazione in reti interconnesse esige una tecnica complessa: è perciò importante adottare una scelta adeguata dei diversi apparecchi di regolazione, in relazione alle caratteristiche delle reti. L'A. pertanto illustra i diversi tipi di apparecchi, che possono essere presi in considerazione, ed indica come si possono realizzare le diverse combinazioni di essi negli schemi di regolazione, mentre descrive anche i metodi di regolazione nei diversi campi di impiego. Vengono esaminati i diversi strumenti di misura usati in questo settore ed anche i singoli regolatori. Vengono poi illustrati diversi schemi generali, mentre non vengono trascurate le regolazioni speciali. Da ultimo vengono descritti anche i più recenti tipi di regolatori digitali, e quelli destinati a realizzare nel modo migliore la ripartizione del carico. Tt.